Das

astronomische Diagramm,

ein Instrument

mittelst dessen der Stand und Gang einer Uhr, das Azimuth terrestrischer Gegenstände, die Mittagslinie, die Abweichung der Magnetnadel, der Auf- und Untergang der Gestirne bestimmt und andere Aufgaben

der

astronomischen Geographie

und

nautischen Astronomie

schnell, sicher und bequem ohne Rechnung gelöst werden können.

Holzschnitte
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Das

astronomische Diagramm,

ein Instrument

mittelst dessen der Stand und Gang einer Uhr, das Azimuth terrestrischer Gegenstände, die Mittagslinie, die Abweichung der Magnetnadel, der Auf- und Untergang der Gestirne bestimmt und andere Aufgaben

der

astronomischen Geographie

und

nautischen Astronomie

schnell, sicher und bequem ohne Rechnung gelöst werden können.

Für

Seefahrer, reisende Geographen, Ingenieure, Feldmesser, Uhrmacher, sowie für Freunde der praktischen Astronomie.

Von

Dr. M. A. F. Prestel,

Oberlehrer der Mathematik und Naturwissenschaften am Gymnasium in Emden, Director der naturforschenden Gesellschaft daselbst, der Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforscher, der Kaiserlichen Gesellschaft der Naturforscher in Moskau, der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden, der Gesellschaft Isis daselbst, der Gesellschaft zur Beförderung der Naturwissenschaften in Groningen, der schlesischen Gesellschaft in Breslau, des naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg, der Wetterauischen Gesellschaft in Hanau, der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften in Marburg, der naturforschenden Gesellschaft in Bamberg, der K. K. geologischen Reichsanstalt in Wien u. m. a. Mitglied oder Correspondenten.

Mit 140 in den Text eingedruckten Holzschnitten und dem Instrumente (Diagramm nebst Maassstab) auf zwei Tafeln.

Die Erklärung des Diagramms umfasst zugleich eine genetische Entwickelung der Grundbegriffe der sphärischen Astronomie, die Beschreibung der tragbaren astronomischen Instrumente, eine Anweisung zu den Beobachtungen und zur geographischen Ortsbestimmung, sowie eine Anleitung, die Aufgaben der sphärischen Astronomie durch Rechnung zu lösen.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1859.

Bayerische Staatsbibliothek München

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Die Herausgabe einer Uebersetzung in englischer, französischer und anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

Bayerische Staatsbibliothek München

Vorwort.

Der Auflösung jeder Aufgabe der astronomischen Geographie und nautischen Astronomie, sei der Zweck derselben den Stand und Gang einer Uhr oder eines Chronometers zu bestimmen, die Abweichung der Compassnadel abzuleiten, die geographische Breite und Länge festzustellen, oder irgend ein anderer: muss immer die Auflösung anderer Aufgaben vorhergegangen sein. Soll z. B. die Zeit für einen bestimmten Augenblick aus der Höhe der Sonne abgeleitet werden, so muss man zuvor diese Höhe, daneben die Declination der Sonne, und ausserdem die Breite des Orts der Beobachtung bestimmt haben. Die sphärische Astronomie nimmt die zuletzt genannten Grössen ohne Weiteres als gegeben an, weist die Beziehung nach, in welcher sie zu der gesuchten Grösse stehen, und entwickelt hieraus die Formel, welche den Zusammenhang zwischen den in Rechnung kommenden Grössen ausdrückt. Hiermit ist dann allerdings die Auflösung des Problems, welches gerade vorliegt, zum Abschluss gebracht, indem in jedem besondern Falle nichts weiter erforderlich ist, als die Zahlenwerthe für die als gegeben

betrachteten Grössen in jene Formel zu substituiren und die numerische Berechnung der sich dadurch ergebenden Gleichung durchzuführen. Es würde aber ein grosser Irrthum sein, wenn man daraus, dass die sphärische Astronomie sich wenig, oder gar nicht, um die Bestimmung der Grössen bekümmert, welche sie als bekannt in die Rechnung einführt, schliessen wollte, dass die Ermittelung und Bestimmung letzterer sich auch so ohne Weiteres und von selbst machte. Es wird sich in der Praxis bald herausstellen, dass die Bestimmung der Grössen, welche durch Beobachtung gefunden werden müssen, in den meisten Fällen schwieriger ist, als der algebraische Calcul und die numerische Berechnung. Das Studium der Kunst des Beobachtens erfordert jedenfalls eine eben so grosse geistige Anstrengung, wie das der Formeln der sphärischen Astronomie, und der Anfänger kann bei jenem eben so wenig einer Anleitung entbehren, wie bei letzterem. Aus diesem Grunde sind in dem vorliegenden Lehrbuche neben der Anleitung zur Auflösung jener Aufgaben durch das Diagramm und durch Rechnung auch die Regeln, welche bei Anstellung von Beobachtungen und Messungen beachtet werden müssen, ausführlich dargestellt.

Das erste Buch enthält die Grundzüge der sphärischen Astronomie in genetischer Darstellung; das zweite die Entwickelung der Formeln derselben. Der Inhalt der folgenden Bücher bezieht sich unmittelbar auf die Praxis. Eine ausführliche Beschreibung der wichtigsten tragbaren astronomischen Instrumente und die Darstellung der Regeln, nach welchen die Beobachtungen ausgeführt werden müssen, machen den hauptsächlichsten Theil derselben

Bayerische Staatsbibliothek München

ben aus. Die dem Texte eingefügten Figuren, für deren ebenso elegante als correcte Ausführung ich mich dem Herrn Verleger zum grössten Danke verpflichtet fühle, werden dem Anfänger das Verständniss des Baues und der Einrichtung der Messinstrumente ermöglichen und erleichtern.

Fertigkeit im Observiren ist einzig und allein das Ergebniss andauernder Uebung. Wie für jedes Können so ist auch hier erforderlich, dass der Beobachter die Schule der Erfahrung durchgemacht habe. In dieser Schule wird dem Anfänger die im Buche gegebene Anweisung, als das Ergebniss im Laufe einer langen Reihe von Jahren gemachter Erfahrungen, ein sicherer Führer sein. Die hier aufgestellten Regeln haben sich mir bei dem Unterrichte im astronomisch-nautischen Observiren, welchen ich früher den Schülern der hiesigen Navigations-Lehranstalt ertheilte, als praktisch bewährt.

Für die Zwecke des Geschäftslebens lässt sich, wenn der Beobachter auch nur mit einer gleichförmig gehenden Uhr, einem Compasse und einem Octanten ausgerüstet ist, schon vieles beschaffen. Durch einen gut gebauten Spiegelsextanten, den indess ein weniger kostbarer Reflexionskreis neuerer Construction völlig ersetzt, ein Chronometer, sowie durch jedes andere diesen dann noch an die Seite tretende, gut ausgeführte Messinstrument wird die Arbeit des Beobachters erleichtert und sein Wirkungskreis erweitert. Ausserdem versteht es sich von selbst, dass unter übrigens gleichen Umständen die Zuverlässigkeit der Ergebnisse der Beobachtungen

durch die geringere oder grössere Vollkommenheit der dabei gebrauchten Messwerkzeuge bedingt ist.

Den Grössen, zu deren Kenntniss man durch Beobachtung gelangt, treten die an die Seite, welche den Inhalt der astronomischen Ephemeriden ausmachen. Das kleine, immerwährende astronomische Jahrbuch, welches einen integrirenden Theil des vorliegenden Buches bildet, giebt dem Beobachter die erforderlichen Daten mit einer Schärfe, welche den meisten Zwecken des Lebens und den dabei zu den Messungen gewöhnlich angewandten Instrumenten völlig entspricht. Diesem Jahrbuche ist dann noch eine Reihe von Hülfstafeln angereiht, in welchen man alle die Grössen findet, welche zur Abkürzung der vorbereitenden Rechnung dienen.

Die Grössen, um deren Bestimmung es eigentlich zu thun ist, die Zeit, die Breite, das Azimuth etc. können mittelst des Diagramms, oder durch Rechnung abgeleitet werden. Zu beiden Bestimmungsweisen ist hier die gehörige Anleitung gegeben.

Die Anweisung zum Gebrauche des Diagramms, welche den Inhalt des sechsten Buches ausmacht, hätte allein auf die Angabe der Punkte beschränkt werden können, deren Abstand gemessen werden muss, um zur Kenntniss der gesuchten Grössen zu gelangen, es dem Leser überlassend, die Sätze und Formeln aufzufinden, auf welche sich das beim Diagramm inne zu haltende Verfahren gründet. In diesem Falle war aber zu befürchten, dass der eine, oder der andere über die Zuverlässigkeit der Angaben des Diagramms im Zweifel bleiben würde. Um jede in Beziehung hierauf etwa mög-

liche Ungewissheit zu beseitigen, ist jeder einzelnen Aufgabe die Formel beigefügt, aus welcher sich die Richtigkeit der Bestimmung der gesuchten Grösse durch das Diagramm ergiebt.

Um die Beziehung erkennen zu können, in welcher die zu berücksichtigende Configuration der Linien auf dem Diagramm zu der bezüglichen Formel steht, ist nur die Kenntniss der ersten Elemente der sphärischen Astronomie erforderlich. Die Anwendung des Diagramms bei der Auflösung der astronomischen Aufgaben setzt aber nur die Bekanntschaft mit einigen wenigen Sätzen der Elementargeometrie voraus.

Abgesehen von den Fehlern, welche etwa an den durch Beobachtung gefundenen Grössen haften, ist die Zuverlässigkeit der Resultate, welche aus jenen Grössen durch Rechnung abgeleitet sind, von der correcten Durchführung der Rechnung abhängig; bei Anwendung des Diagramms aber ist sie durch die scharfe Bestimmung der in Betracht kommenden Punkte und durch das genaue Einsetzen der Zirkelspitzen in letztere bedingt. Wenn die Entfernung dieser Punkte auf dem Netze oder Maassstabe, deren Abstand gemessen werden soll, zu gross ist, um sicher zwischen die Spitzen eines gewöhnlichen Handzirkels gefasst werden zu können, so muss man sich zur Messung solcher Abstände eines Stangenzirkels mit Holzstange bedienen. Ein Stangenzirkel, dessen Stange aus Stahl angefertigt wäre, würde zu schwer sein; die Spitzen eines solchen dringen leicht zu tief in das Papier ein.

Soll die Zeit für einen bestimmten Augenblick aus der Höhe abgeleitet werden, welche die Sonne in jenem

Zeitmomente hat, so darf man ein um so zuverlässigeres Endergebniss erwarten, je näher die Sonne im Augenblicke der Beobachtung dem ersten Vertical stand. Ein Fehler, welcher sich bei Beobachtung der Höhe etwa eingeschlichen haben könnte, wird unter dieser Voraussetzung den geringsten Einfluss auf die aus ihr abgeleitete Zeit haben. Dieses, sowie überhaupt den Einfluss auffinden und nachweisen zu können, welchen die Fehler, mit welchen die durch Beobachtung gefundenen Grössen etwa behaftet sind, auf die zu bestimmende Grösse haben, setzt die Kenntniss der höheren Mathematik voraus. Aber auch das Diagramm veranschaulicht einem Jeden diesen grössern oder geringern Einfluss; um letztern zu erkennen, ist bloss erforderlich, das Diagramm sinnig zu betrachten. Fallen nämlich die Punkte, auf welche es bei der Bestimmung der gesuchten Grössen ankommt, zwischen zwei Linien, deren Abstand zu klein ist, um Theile des letztern mit gehöriger Schärfe messen zu können, so influiren die in den Daten liegenden Fehler sehr stark. In diesem Falle ist dann aber auch das mittelst Rechnung abgeleitete Endergebniss, selbst wenn letztere mit sechsstelligen Logarithmen durchgeführt sein sollte, nur innerhalb gewisser Grenzen zuverlässig. Der Einfluss der Fehler an den bei der Rechnung als gegeben betrachteten Grössen ist immer den Abständen der Linien auf dem Netze oder Maassstabe, zwischen welche die in Betracht kommenden Punkte fallen, umgekehrt proportional.

Wie bei jedem Instrumente, kommt auch bei dem Diagramm das Material, aus welchem es gefertigt ist, in Betracht. Die Vorzüge, welche es hinsichtlich der

Dauerhaftigkeit und Genauigkeit hat, wenn das Netz und der Maassstab, anstatt auf Papier, auf Metall ausgeführt sind, liegen offen vor, ebenso, dass sich dann aber auch der Preis des Instruments höher herausstellt. Ein correct auf Zink ausgeführtes Exemplar des Diagramms würde ich für 50 Thaler besorgen können.

Was die Genauigkeit der Gradstriche betrifft, so ist es dem Verleger gelungen, durch ein besonders für den Zweck angefertigtes Papier dieselbe in allen Exemplaren ganz gleichförmig herzustellen.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erstes Buch.

Die Lage und die Bewegungserscheinungen der Himmelskörper.

§.		Seite
1—2.	Einleitung	3
3.	Bestimmung der Lage der Gestirne am Himmelsgewölbe	4
	I. Die Lage der Objecte am Himmel, bezogen auf den Standort des Beobachters.	
4.	Der natürliche Horizont	5
5.	Der scheinbare Horizont	5
6.	Der künstliche Horizont	5
7.	Die sichtbare und die unsichtbare Halbkugel des Himmels	6
8.	Das Loth	6
9.	Die Verticale, der Scheitelpunkt und der Fusspunkt	7
10.	Die Meridianebene und die Mittagslinie	8
11.	Der Gnomen	8
12.	Die Eintheilung des Horizonts	9
13.	Der einfache Sextant	11
	Der Theodolit	14
	Der Theodolit mit gebrochenem Fernrohr	16
14.	Punkte, Linien, Ebenen und Kreise am Himmelsgewölbe	17
15—16.	Zenithdistanz	18
17—20.	Amplitude, Morgen- und Abendweite	19
	II. Die Lage der Gestirne, bezogen auf den Mittelpunkt der Erde.	
21.	Weltaxe, Pole	20
22.	Tag- oder Parallelkreise, Tagbogen	21

§. Seite

23—24. Declinations- oder Stundenkreis 21
25. Frühlingspunkt, gerade Aufsteigung, Abweichung, Polardistanz . . . 21
26—27. Geographische Länge und Breite 22
Niedrige, hohe und mittlere Breite 23
Erster Meridian . 23
Längenunterschied . 24
28. Scheinbarer Horizont . 24
Wahrer Horizont . 26
29. Scheinbare und wahre Höhe. Parallaxe 27
30. Scheinbare und wahre Zenithdistanz 29
31. Polhöhe, Aequatorhöhe, Colatitude 29
32. Gerade Aufsteigung, Rectascension, Abweichung und Declination . . 30
Schräge Aufsteigung, parallaktischer Winkel, Ascensionaldifferenz 31

III. Die Lage der Gestirne, bezogen auf den Mittelpunkt der Sonne.

33. Ekliptik, Zeichen des Thierkreises 32
34. Tag- und Nachtgleiche, Sommer-Solstitium, Winter-Solstitium, Wendekreis des Krebses und Steinbocks. Kolur der Tag- und Nachtgleiche, Kolur der Sonnenwende 32
35. Axe und Pole der Ekliptik 35
36. Länge und Breite der Gestirne 35
37. Schiefe der Ekliptik. Positionswinkel 36

Zweites Buch.

Die Formeln der sphärischen Trigonometrie und der sphärischen Astronomie.

I. Entwickelung der Formeln der sphärischen Trigonometrie.

38—39. Zusammenhang unter den drei Seiten und den Winkeln des sphärischen Dreiecks . 39
40. Entwickelung der übrigen Formeln des sphärischen Dreiecks 41
41. Entwickelung der auf das rechtwinkelige sphärische Dreieck bezüglichen Formeln . 42
42. Hülfsformeln der ebenen Trigonometrie 43
43. Die Neper'schen Analogien 43

II. Die Formeln der sphärischen Astronomie.

44—45. Die trigonometrische Beziehung unter den Polarcoordinaten, welche den Ort eines Gestirns bestimmen 44
46. Formeln zur Bestimmung der Höhe der Sonne, wenn sie sich im Sechsuhrkreise befindet 46
47. Zeit und Höhe, wenn sich ein Gestirn im ersten Vertical befindet . . 47
48. Auf- und Untergang der Gestirne 48
49—54. Formeln zur Bestimmung des Stundenwinkels 49
55—61. Formeln zur Bestimmung des Azimuths 52

§. Seite
62. Formeln zur Bestimmung der Höhe eines Gestirns 55
63 — 64. Ableitung der Breite aus der Höhe des Polarsterns 56
65. Bestimmung der Zeit, durch zwei Höhen und der zwischen den Beobachtungen letzterer verflossenen Zeit 59
66. Bestimmung der Zeit durch correspondirende Sonnenhöhen 60
67. Bestimmung der Breite aus zwei Höhen und der Zwischenzeit . . . 62
68. Bestimmung der Breite durch Annäherung 65
69. Bestimmung der Aussenmittagsbreite nach Douwes 66
70. Formeln zur Berechnung der wahren Monddistanz aus der scheinbaren . 67
71. Borda's Methode . 67
72 — 73. Kraft's Methode . 69
74. Dunthorn's Methode . 69
75. Methode des Mendoza y Rios 70

Drittes Buch.

Ueber Zeitbestimmung im Allgemeinen.

76. Der Tag und das Jahr . 77
77. Sterntag und Sternzeit . 77
78. Verwandlung von Bogen in Zeit 79
79. Verwandlung von Zeit in Bogen 80
80. Erklärung der Tafeln XXIII. und XXIV. 80
81. Stundenwinkel, Sternzeit, Rectascension 80
82 — 83. Wahre oder Sonnenzeit 82
84. Mittlere Zeit . 84
85. Mittlere Zeit und Sternzeit 84
86 — 87. Sonnenzeit und Sternzeit 85
88. Verwandlung der wahren Zeit in mittlere Zeit 86
89. Verwandlung der mittleren Zeit in wahre Zeit 88
90. Verwandlung der mittleren Zeit in Sternzeit 88
91. Verwandlung der Sternzeit in mittlere Zeit 88
92. Berechnung der Culminationszeit eines Fixsterns 89
93 — 94. Die Culminationszeit der Planeten und des Mondes 90

Viertes Buch.

Die tragbaren astronomischen Instrumente.

I. Die Uhren.

95. Die verschiedenen Arten der Uhren 95
96. Die astronomische Pendeluhr, das Compensations-Rostpendel, das Quecksilberpendel . 95
97. Die tragbaren Uhren . 98
98. Verschiedene Arten der Chronometer 98
99. Schriften über astronomische Uhren 99

§. Seite
100. Gebrauch der Chronometer zur Bestimmung der Meereslänge . . . 99
101. Eigenschaften eines guten Chronometers und Behandlung desselben 101
102. Bestimmung des Standes und Ganges der Chronometer 103

II. Der Spiegelsextant und Octant.

A. Der Sextant und Octant.

103. Der Sextant und Octant . 104
104—106. Sätze der Katoptrik, auf welche sich die Einrichtung des Sextanten gründet . 105
107. Die gegenseitige Lage der Spiegel des Sextanten 110
108. Die Theile des Sextanten 111
109—111. Der Nonius oder Vernier 114
112—113. Erfordernisse eines guten Sextanten und seiner Theile . . . 119

B. Prüfung und Correction des Sextanten.

114. Prüfung der Theilung . 120
115. Prüfung der Spiegelgläser 122
116. Prüfung der farbigen Gläser 123
117. Prüfung der Excentricität 124
118. Die Parallaxe des Sextanten 124
119. Prüfung des senkrechten Standes des grossen Spiegels 125
120. Prüfung, ob die Axe des Fernrohrs mit der Ebene des Limbus parallel ist . 127
121. Prüfung des senkrechten Standes des kleinen Spiegels auf der Ebene des Limbus . 127
122. Prüfung des Kimmspiegels hinsichtlich seiner parallelen Lage mit dem grossen Spiegel . 128
123. Verfahren, um den Indexfehler zu finden 129

C. Allgemeine Regeln für den Gebrauch des Sextanten und Octanten bei Messung von Winkeln.

124. Die Handhabung des Instruments 132
125. Die Winkelmessung selbst 133
126. Die Einstellung der Alhidade 134
127. Messung der Höhe des Mondes oder eines Sternes 135
128. Winkel irdischer Gegenstände 135
129—130. Messung von Monddistanzen 135

III. Der künstliche Horizont.

131. Der künstliche Horizont . 136

§. Seite

IV. Die neu erfundenen Reflexionsinstrumente von Pistor und Martins.

132. Die Einrichtung und Handhabung der neuen Reflexionsinstrumente . 137

Fünftes Buch.

Ableitung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes eines Gestirns aus der durch Messung bestimmten.

133. Gemessene scheinbare und wahre Höhe 147
134. Der Indexfehler . 148
135 — 140. Die Kimmtiefe . 148
141 — 148. Die Refraction . 152
149 — 154. Die Parallaxe . 158
155 — 159. Der Halbmesser . 163
160 — 164. Schemen für die Rechnungen, mittelst welcher die wahre Höhe des Mittelpunktes eines Gestirns aus der beobachteten Höhe abgeleitet wird . 167
165. Berechnung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes der Sonne . 170
166. Bestimmung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes des Mondes . 171

Sechstes Buch.

Das astronomisch-nautische Diagramm und sein Gebrauch.

167 — 174. Erklärung des astronomisch-nautischen Diagramms 175
175. Berechnung der Culminationshöhe eines Gestirns 179
176. Bestimmung des Culminationspunktes 180
177 — 178. Bestimmung des Höhenpunktes 180
179 — 181. Bestimmung der Ascensionaldifferenz 181
182 — 184. Die Zeit des Auf- oder Unterganges der Sonne zu bestimmen . 183
185. Die Länge des Tages und der Nacht für ein gegebenes Datum zu bestimmen . 184
186. Für jeden Ort die Dauer des längsten Tages oder der kürzesten Nacht zu bestimmen . 185
187 — 188. Für einen Ort, dessen Breite bekannt ist, die Auf- oder Untergangszeit eines Fixsterns oder eines Planeten zu bestimmen 185
189. Bestimmung der Zeit des Auf- und Unterganges des Mondes . . 186
190 — 191. Für einen Ort, dessen Breite bekannt ist, die Morgen- oder Abendweite der Sonne, oder eines andern Himmelskörpers zu bestimmen . 187
192 — 193. Die Höhe der Sonne, oder eines andern Himmelskörpers zu bestimmen, wenn sie sich im Sechsuhrkreise befinden 189

§. Seite
194. Den Sechsuhrpunkt auf dem Projectionsnetze zu bestimmen . . . 190
195. Das Azimuth eines Gestirns zu bestimmen, wenn sich letzteres im Sechsuhrkreise befindet . 191
196 — 197. Die Zeit zu bestimmen, zu welcher sich die Sonne oder ein anderes Gestirn im ersten Vertical befindet 192
198 — 199. Die Höhe eines Gestirns zu bestimmen, wenn es sich im ersten Vertical befindet, d. h. wenn es genau Ost oder West steht . 195
200 — 202. Aus der beobachteten Höhe der Sonne die wahre und mittlere Zeit für den Augenblick der Beobachtung abzuleiten 197
203 — 209. Für einen Ort von gegebener Breite die Höhe eines Gestirns aus der Declination und dem Stundenwinkel des letztern zu bestimmen . 200
210 — 213. Bestimmung des Azimuths eines Gestirns 204
214 — 216. Bestimmung des Winkels, welchen der durch Sonne und Mond, oder je zwei andere Gestirne gelegt gedachte grösste Kreis mit dem durch das eine dieser Gestirne gehenden Verticalkreise macht, wenn die Distanz und die Höhen beider Gestirne gegeben sind . 209
217. Für jeden Ort der Erdoberfläche, dessen Breite bekannt ist, die Anzahl der Meilen eines Längengrades zu bestimmen, welcher auf dem durch den Ort gehenden Breitenparallel liegt 213
218 — 223. Aus der gegebenen Länge und Breite zweier Orte den kürzesten Abstand derselben abzuleiten, oder was dasselbe, die Länge des Bogens des grössten Kreises zu bestimmen, welcher jene Orte verbindet . 214
224 — 225. Bestimmung der Winkel, welche ein durch zwei Orte auf der Erdoberfläche gehender grösster Kreis mit dem Meridiane jener Orte bildet . 219
226. Bestimmung der veränderten Breite und Abweichung, wenn Kurs und Distanz gegeben sind . 221

Siebentes Buch.

Bestimmung der Breite, der Zeit, der Abweichung der Magnetnadel und der Länge.

I. Bestimmung der Breite.

1. Bestimmung der Breite durch die Meridianhöhe der Sonne.

227. Die Beobachtung . 227
228 — 232. Regel für die Ableitung der Breite 228
233 — 237. Bestimmung der Breite durch Beobachtung der Höhenänderung der Sonne, oder eines Fixsterns, wenn sich diese Himmelskörper im ersten Vertical befinden 234
238. Bestimmung der Breite durch den Polarstern 241

§. Seite

II. Bestimmung der Zeit.

239 — 244. Bestimmung der wahren und mittleren Zeit, sowie des Standes der Uhr durch Beobachtung correspondirender Höhen . . . 242
245 — 251. Bestimmung der wahren und mittleren Zeit durch eine einzelne Höhe . 249
252 — 253. Ableitung der wahren und mittleren Zeit aus der Höhe eines Planeten oder Fixsterns . 255
254 — 256. Nachweisung des Einflusses, welchen die Fehler, die an den bei Bestimmung der Zeit in Betracht kommenden Grössen etwa haften, auf das Endergebniss haben 258

III. Der Compass und die Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel.

257. Der Compass . 260
258 — 260. Die Magnetnadel . 263
262. Die Boussole oder der Feldmesser-Compass 265
263. Die Boussole mit Diopter . 266
264 — 268. Die Boussole mit Fernrohr 267
269. Das Zulege-Instrument . 274
270. Der Azimuthal-Compass . 275
271. Eigenschaften einer guten Boussole, oder eines brauchbaren Compasses und Prüfung dieser Instrumente 277
272. Ablesung der mit der Boussole gemessenen Winkel 279
273. Das Umlegen der Magnetnadel 280

Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel.

274. Bestimmung der Abweichung, indem man die durch die Magnetnadel angegebene Richtung unmittelbar auf den astronomischen Meridian bezieht . 281
275 — 276. Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel durch Beziehung des magnetischen und wahren Azimuths auf einander . . . 282
277 — 279. Bestimmung des wahren Azimuths durch Rechnung 284
280. Die zur Bestimmung des magnetischen Azimuths erforderliche Beobachtung auf einem Schiffe 288
281 — 282. Localattraction und Aberration der Magnetnadel 289
283. Bestimmung, ob die Abweichung östlich oder westlich ist 291
284 — 289. Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel durch Beobachtung der magnetischen Amplitude 292
290. Geschichtliches über die Anwendung der Magnetnadel auf die oceanische Schifffahrt . 296
291. Instrumente und Methoden zu genauerer Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel . 297
292. Gauss' Magnetometer . 297
293. Lamont's magnetischer Reisetheodolit 300

§. Seite

294 — 295. Bestimmung der Abweichung mittelst des Reisetheodoliten . 303
296. Das Inclinatorium . 305
297. Ueber die Anwendung der Inclination bei der Schifffahrt 306
298. Die Intensität der magnetischen Kraft 307
299. Zusammenhang der örtlichen magnetischen Erscheinungen unter einander . 308
300 — 301. Tafel, enthaltend die magnetischen Constanten 308
302. Die Linien gleicher Abweichung 312
303 — 304. Die Linien gleicher Neigung 314
305. Lamont's Declinations-, Inclinations- und Intensitätskarten von Deutschland . 321
306. Säculare Veränderung der Abweichung 325
307. Tägliche Veränderung der Declination 325
308. Anwendung des Theodoliten zur Bestimmung der Mire 327
309. Die magnetischen Ungewitter 327

IV. Bestimmung der geographischen Länge.

310. Der Längenunterschied in Zeit und Bogen 329
311 — 312. Die verschiedenen Methoden, den Längenunterschied zu bestimmen . 330
313 — 315. Längenbestimmung durch Chronometer 331
316 — 320. Längenbestimmung durch Monddistanzen 333

Astronomische Hülfstafeln zum astronomisch-nautischen Diagramm.

Erklärung der Tafeln . 349

I. Kleines, immerwährendes astronomisches Jahrbuch.

Tafel I. Tafel II. Declination der Sonne 362
„ III. Mittlere Gerad-Aufsteigung der Sonne oder Sternzeit . . . 364
„ IV. Zeitgleichung für mittlere Zeit 366
„ V. Halbmesser der Sonne im mittleren Mittage des 1. und 16. Tages jedes Monats im Jahre 1859 368
„ VI. Die Rectascension und Declination der vorzüglichsten Fixsterne für den 1. Januar 1859 369

II. Hülfstafeln.

Tafel VII. Zur Vergleichung der gebräuchlichsten Barometer- und Thermometerscalen 374
„ VIII. Kimmtiefe . 375
„ IX. Mittlere Refraction 376
„ X. Correction der mittleren Refraction für Temperatur . . . 378
„ XI. Correction der mittleren Refraction für Barometer 380
„ XII. Höhenparallaxe der Sonne 382
„ XIII. Höhenparallaxe der Planeten 382

			Seite
Tafel	XIV.	Verkürzung des verticalen Sonnen- und Mondhalbmessers durch Refraction	383
„	XV.	Vergrösserung des Halbmessers des Mondes	384
„	XVI.	Verkürzung des Sonnen- und Mondhalbmessers in schräger Richtung	385
„	XVII.	Correction der Werthe der Tafel XVI., wenn der Halbmesser grösser oder kleiner ist als 15′ 40″	387
„	XVIII.	Correction der Höhe, zur Berechnung der Höhenparallaxe des Mondes mit Rücksicht auf die Abplattung der Erde	388
„	XIX.	Correction der Horizontalparallaxe, zur Berechnung der Höhenparallaxe des Mondes mit Rücksicht auf die Abplattung der Erde	389
„	XX.	Seitenparallaxe des Mondes, als Folge der Abplattung der Erde	390
„	XXI.	Correction der Monddistanz, wegen der Seitenparallaxe des Mondes	391
„	XXII.	Logarithmen zur Zeitbestimmung aus gleichen Höhen	392
„	XXIII.	Verwandlung der Aequatorsbogen in Zeit	394
„	XXIV.	Verwandlung der Zeit in Bogen	395
„	XXV.	Verzögerung der mittleren Zeit gegen Sternzeit	396
„	XXVI.	Beschleunigung der Sternzeit gegen mittlere Zeit	397
„	XXVII.	Aus der wahren Zeit des wahren Auf- und Unterganges eines Gestirns die Zeit des scheinbaren Auf- und Unterganges zu finden	398
„	XXVIII.	Aus der wahren Morgen- und Abendweite die scheinbare Morgen- und Abendweite zu finden	399
„	XXIX.	Winkel der Striche und Viertelstriche des Compasses mit dem Meridian	400

[illegible] Diagramm.

[illegible] Jahrbuch.

Tafel I. Tafel II. [illegible] der Sonne 362
„ III. [illegible] der Sonne oder Sternzeit . . . 364
„ IV. [illegible] der mittleren Zeit 365
„ V. [illegible] der Sonne im mittleren Mittage des 1. und 15. [illegible] Jahre 1859 366
„ VI. [illegible] der vorzüglichsten Fixsterne [illegible] 1859 369

B. Hilfstafeln.

Tafel VII. Zur Vergleichung der gebräuchlichsten Barometer- und Thermometerscalen 374
„ VIII. Kimmtiefe 375
„ IX. Mittlere Refraction 376
„ X. Correction der mittleren Refraction für Temperatur 378
„ XI. Correction der mittleren Refraction für Barometer 380
„ XII. Höhenparallaxe der Sonne [illegible]
„ XIII. Höhenparallaxe der Planeten [illegible]

Erstes Buch.

Die Lage
und
die Bewegungs-Erscheinungen
der
Himmelskörper.

Einleitung.

Zur Beurtheilung der Entfernung der Gestirne, welche 1
wir am Himmelsgewölbe wahrnehmen, fehlt unserm Auge, zumal wenn es unbewaffnet ist, jeder Anhaltspunkt. Hierin liegt der Grund, dass es scheint, als seien alle Sterne, gleichweit von uns entfernt, an der innern Fläche einer Kugel, in deren Mittelpunkt wir uns befinden, befestigt.

Die meisten Sterne verharren unverändert in ihrer gegenseitigen Stellung und Lage. Diese nennt man Fixsterne. Dadurch dass man sich von den grossen glänzenden, nicht zu weit von einander entfernten Fixsternen drei, vier, fünf oder mehrere durch Linien verbunden denkt, erhält man Dreiecke, Vierecke, Fünfecke u. s. w., oder mit Hülfe der Phantasie auch andere Gestalten, wie die von Thieren u. s. w. Dieses sind die sogenannten Sternbilder. Schon im grauesten Alterthume hat man sich dieses höchst einfachen Mittels bedient, um die Sterne wiedererkennen und sich am Himmel orientiren zu können. Eben durch diese Sternbilder hat man schon früh die Beobachtung gemacht, dass einige wenige Sterne ihre gegenseitige Lage am Himmel ändern. Dieses sind die Planeten und Kometen.

Die Gestirne sind Weltkörper, welche in weiten Entfernungen von einander frei im Weltraume schweben.

Auch der Körper, welchen wir bewohnen, die Erde, 2
schwebt frei im Weltraume. Die Erde hat eine kugelförmige Gestalt, gehört zu den Planeten, dreht sich in vierundzwanzig Stunden um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Linie, die Erdaxe, und umkreist in Jahresfrist die Sonne.

Bestimmung der Lage der Gestirne am Himmelsgewölbe.

3 Die Bestimmung der Lage ist immer bezüglich (relativ), d. h. sie geschieht dadurch, dass man die Lage von Linien und Flächen, welche man sich durch den Punkt, dessen Lage bestimmt werden soll, gelegt denkt, gegen andere Linien und Flächen von schon bekannter Lage näher bezeichnet.

Insofern es hier um die nähere Bestimmung der Lage der Himmelskörper zu thun ist, müssen wir uns zuvörderst über einen Punkt oder Ort verständigen, von welchem wir hierbei ausgehen wollen.

Wäre es möglich, den Mittelpunkt des Weltalls anzugeben, so wäre es am zweckmässigsten, von diesem auszugehen. Allein das Weltall ist unendlich, insofern kann von einem Mittelpunkte desselben nicht die Rede sein. Schon den Alten war dieses zum Bewusstsein gekommen. Der Ausspruch derselben nämlich: „die Welt ist eine Kugel, deren Mittelpunkt überall, deren Peripherie nirgends ist," kann nicht wohl anders gedeutet werden. Da somit, wegen der Unendlichkeit des Weltalls, jeder Punkt in demselben als Mittelpunkt des Ganzen betrachtet werden kann, so scheint es gleichgültig, ob man von seinem Standpunkte, vom Mittelpunkte der Erde, oder vom Mittelpunkte der Sonne ausgeht. Die Geschichte der Astronomie lehrt, dass die Beobachter uranfänglich von ihrem Standorte ausgingen, und auf diesen die Erscheinungen bezogen. Claudius Ptolemäus (129 bis 141 v. Chr.) vereinigte das ganze astronomische Wissen seiner Zeit zu einem Systeme. Er ging hierbei von der Erde als Mittelpunkt des Universums aus. Bei dieser Auffassungsweise des Ptolemäus, welche er in seinem Lehrgebäude der Astronomie (bekannt unter dem Namen „Almagest") entwickelt hat, verharrten die Astronomen nach ihm 1500 Jahre. Nicolaus Copernicus endlich stellte in seinem 1543 erschienenen Werke: „*Nicolai Copernici Toriensis libri sex de orbium coelestium revolutionibus*" die Phänomene des Himmels dar, indem er sie auf die Sonne als Mittelpunkt bezog. Dieser Weg, auf welchem die Menschheit im Laufe von Jahrhunderten allmälig zu einer Einsicht in den Bau des Weltalls gelangte, ist der, welchen jeder Einzelne, dessen Streben dahin geht, die Er-

scheinungen in ihrem innern nothwendigen Zusammenhange aufzufassen, ebenfalls einschlagen muss. Der Beobachter hat daher die Erscheinungen

1. auf seinen Standort,
2. auf den Mittelpunkt der Erde, und endlich
3. auf die Sonne als Mittelpunkt

zu beziehen

I. Die Lage der Objecte am Himmel, bezogen auf den Standort des Beobachters.

(Subjective Lagenbestimmung).

Der natürliche Horizont.

4 Von jedem Standpunkte im Freien erscheint uns die scheinbare Grenze der Erde da, wo das Himmelsgewölbe mit ihr zusammentrifft als eine mehr oder weniger unregelmässig gekrümmte Linie. Diese wird durch die in der Ferne liegenden Gebäude, Wälder, Gebirge, Küsten, die Oberfläche des Meeres, die sogenannte Kimme u. s. w., gebildet. Der auf solche Weise begrenzte Theil der Erdoberfläche heisst der natürliche oder sichtbare Horizont.

Er ist als unregelmässig gekrümmt zur genauen Lagenbestimmung nicht geeignet.

Der scheinbare Horizont.

5 Als für jeden Ort auf der Erdoberfläche fest bestimmt finden wir die Lage der Oberfläche der ruhig stehenden Flüssigkeiten, des Wassers, Quecksilbers, Weingeistes u. s. w. Denkt man sich die Oberfläche einer solchen Flüssigkeit nach allen Seiten hin bis an das Himmelsgewölbe erweitert, so hat man damit eine Vorstellung von dem, was die Astronomen den scheinbaren Horizont nennen.

Der künstliche Horizont.

6 Die Werkzeuge, deren man sich bedient, um die Lage des scheinbaren Horizonts oder der in demselben gezogen gedachten Linien zu bestimmen, sind: der künstliche Horizont, d. i. ein

flaches Gefäss, in welchem sich Quecksilber oder durch Kienruss schwarz gefärbtes Oel, oder auch eine andere Flüssigkeit befindet. Ferner die Wasserwage, die Setzwage (Fig. 1), so wie die Dosenlibelle (Fig. 2) und die Röhrenlibelle (Fig. 3).

Fig. 1.

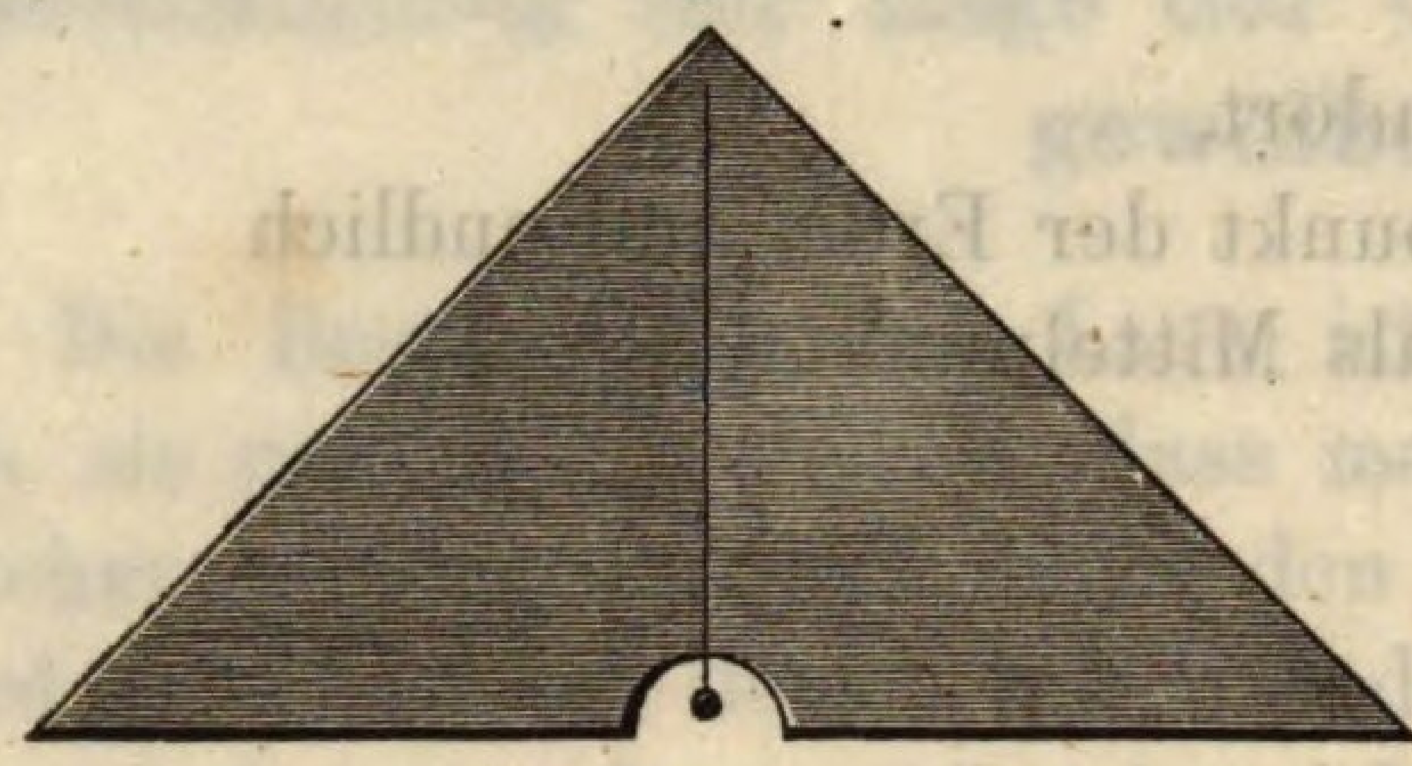


Fig. 2.

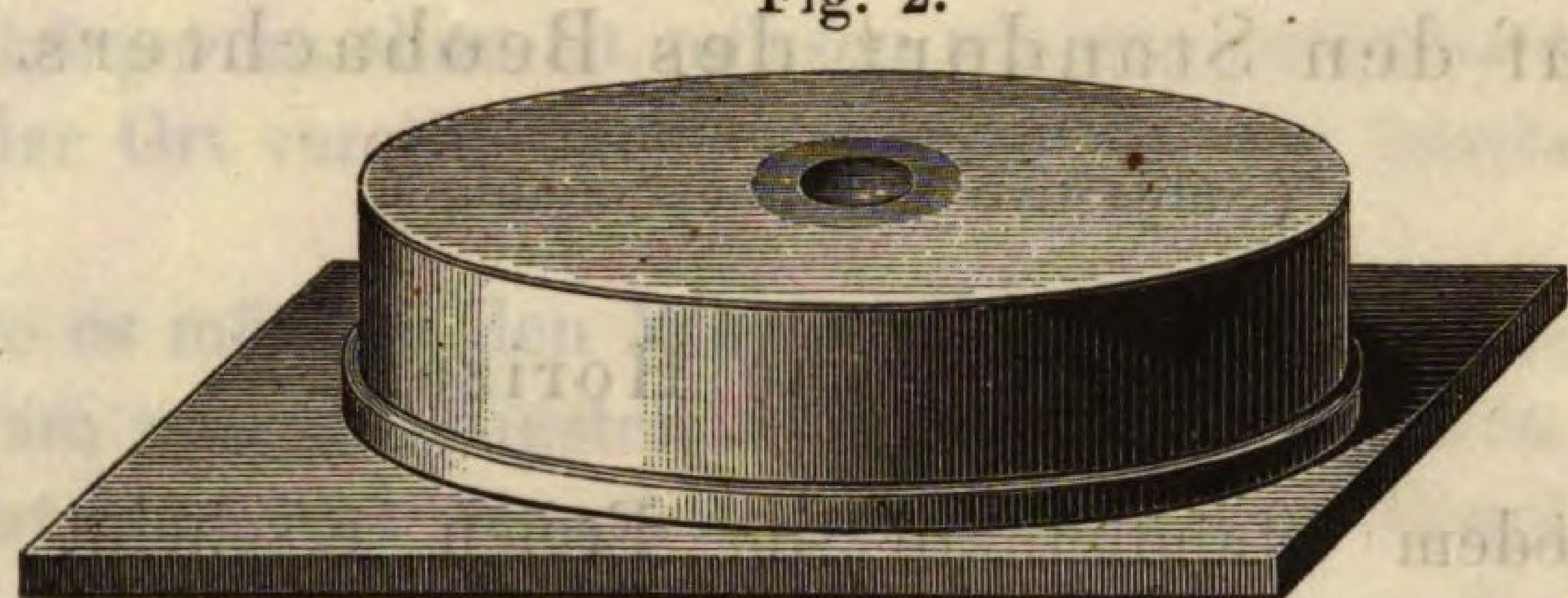
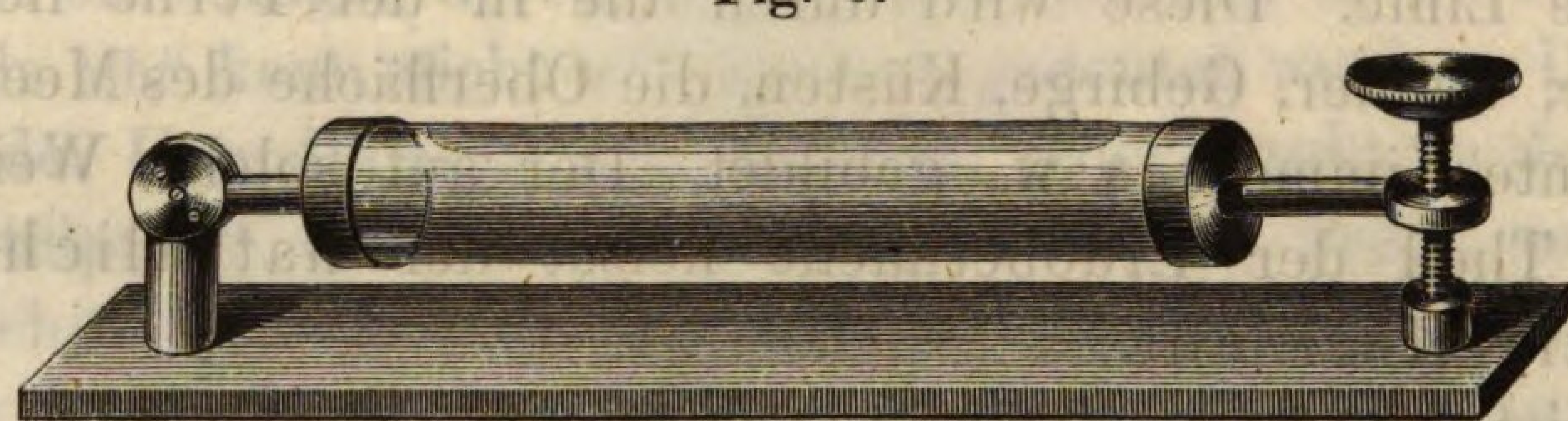


Fig. 3.



Die sichtbare und die unsichtbare Halbkugel des Himmels.

7 Ueber dem scheinbaren Horizonte ist das als eine Halbkugel sich darstellende Himmelsgewölbe ausgespannt. Wir denken uns dasselbe als sich unter den Horizont hinab in gleichförmiger Krümmung forterstreckend und zur Kugel ergänzt. Die über dem Horizonte liegende *Halbkugel* heisst die *sichtbare*, die unter demselben liegende die *unsichtbare*.

Das Loth.

8 Ein biegsamer Faden, welcher an seinem einen Ende befestigt und durch einen am andern Ende befindlichen schweren Körper gespannt ist, hat eine Richtung, welche auf dem

scheinbaren Horizonte des Orts, an welchem der Faden ausgespannt ist, rechtwinkelig steht. Man nennt eine solche Vorrichtung ein Loth (Fig. 4). Damit das Loth von seiner natürlichen Richtung durch Luftzug u. s. w. nicht leicht abgelenkt wird, lässt man

Fig. 4.

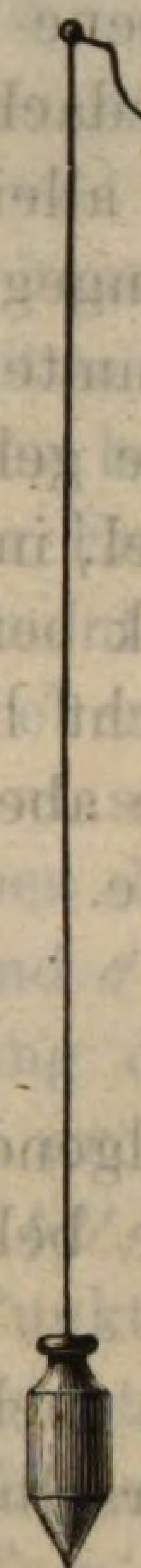
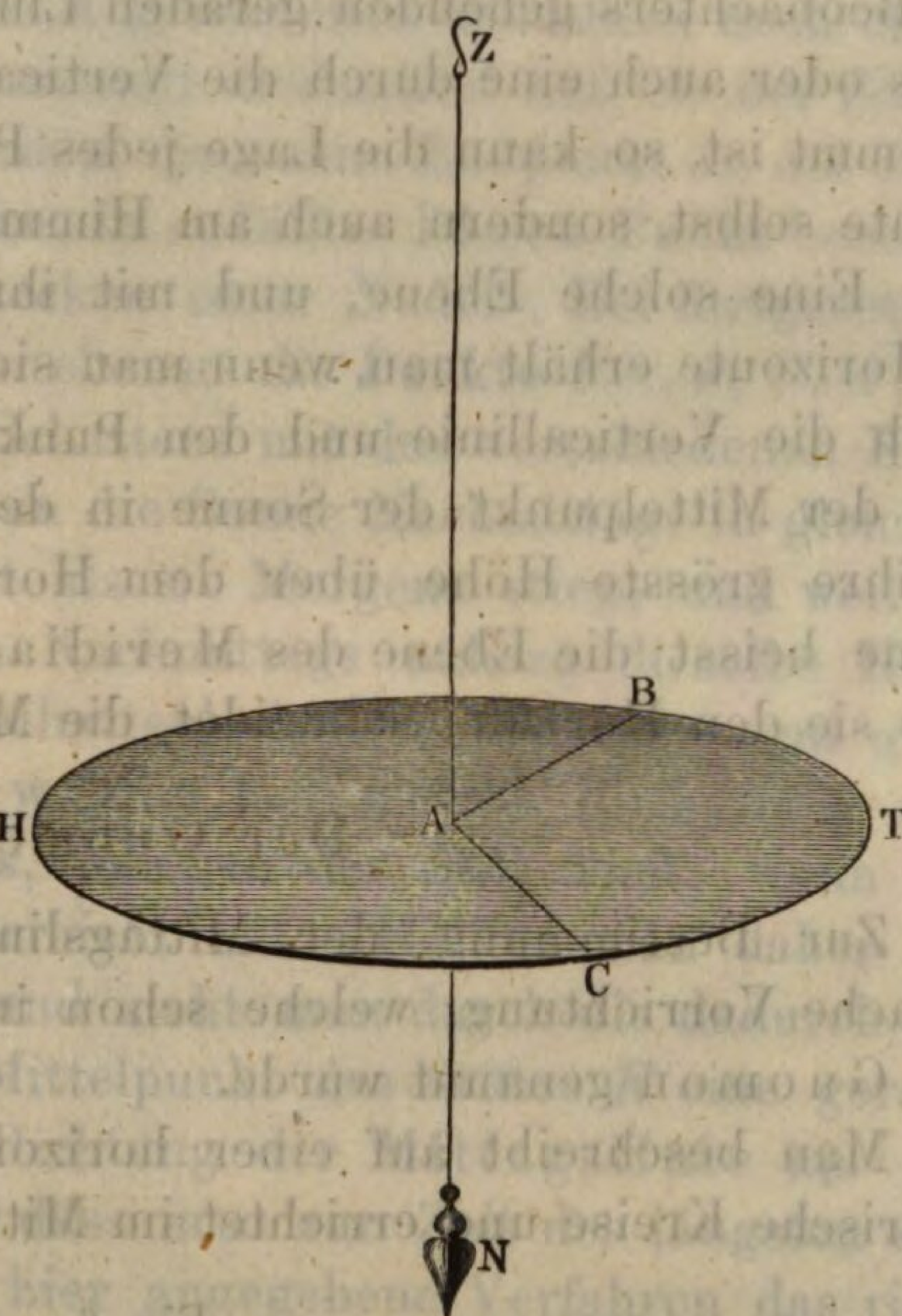


Fig. 5.



dasselbe in ein Gefäss mit Wasser enden. Wenn HT (Fig. 5) die Ebene des Horizonts und ZAN die Richtung des Lothes ist, so steht diese auf der Ebene des Horizonts rechtwinkelig, d. h. sie bildet mit allen durch den Punkt A im Horizonte gezogen gedachten Linien AB, AC u. s. w. rechte Winkel.

Die Verticale, der Scheitelpunkt und der Fusspunkt.

Die durch den in natürlicher Spannung befindlichen Fa- 9
den des Lothes angedeutete Richtung nach oben und unten, bis ans Himmelsgewölbe verlängert gedacht, heisst die Senkrechte oder Verticale. Der Punkt, in welchem sie, nach oben hin weit genug verlängert, mit dem Himmelsgewölbe zusammentreffen würde, führt den Namen Scheitelpunkt oder Zenith. Ihm

gegenüber, in der Verlängerung nach unten, liegt der Fusspunkt oder das Nadir.

Die Meridianebene und die Mittagslinie.

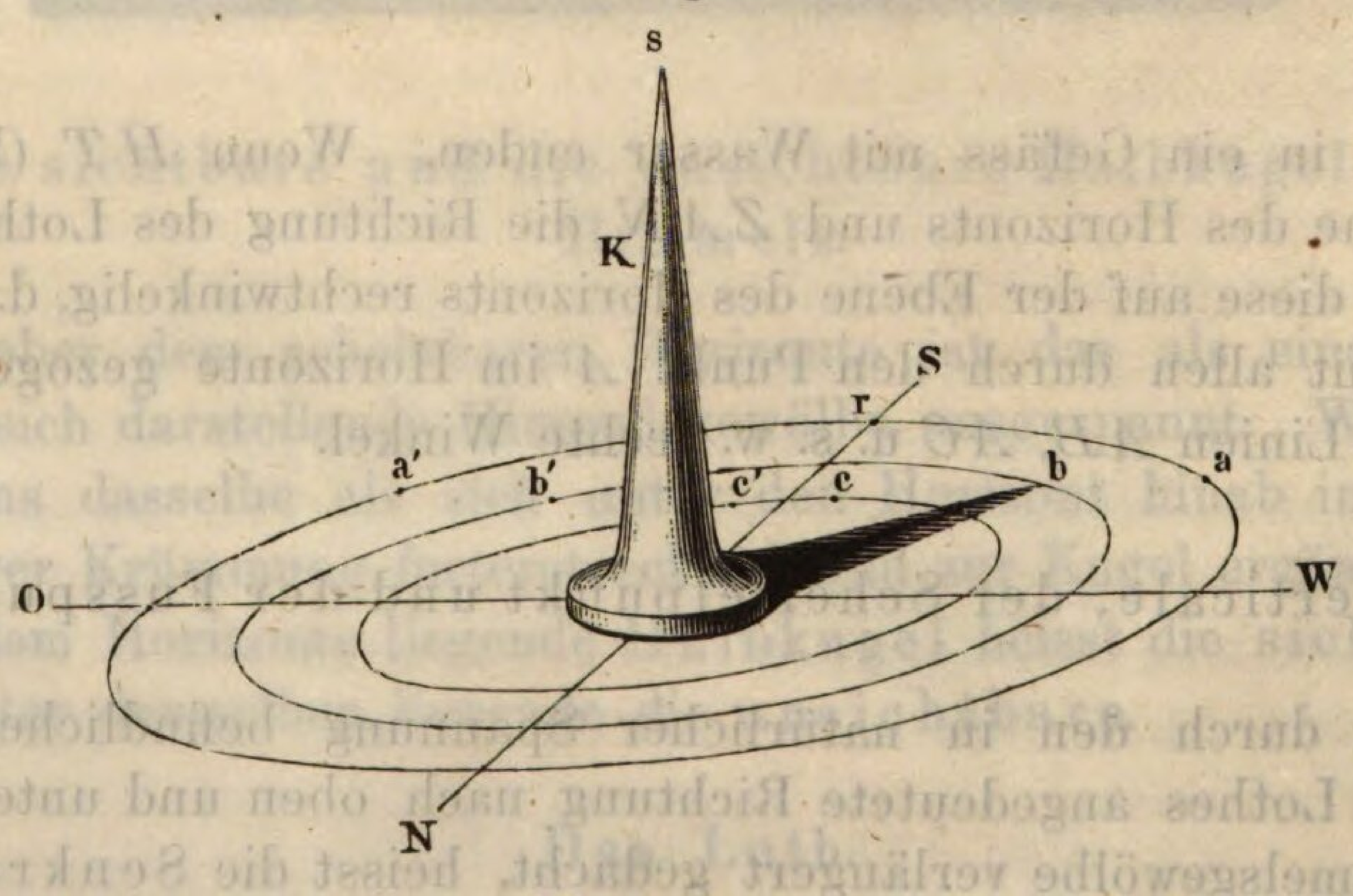
10 Wenn jetzt noch die Lage einer durch den Standpunkt des Beobachters gehenden geraden Linie in der Ebene des Horizonts oder auch eine durch die Verticale gelegt gedachte Ebene bestimmt ist, so kann die Lage jedes Punkts, nicht allein im Horizonte selbst, sondern auch am Himmelsgewölbe angegeben werden. Eine solche Ebene, und mit ihr eine bestimmte Richtung im Horizonte erhält man, wenn man sich eine Ebene gelegt denkt durch die Verticallinie und den Punkt am Himmel, in welchem sich der Mittelpunkt der Sonne in dem Augenblick befindet, wo sie ihre grösste Höhe über dem Horizonte erreicht hat. Diese Ebene heisst die Ebene des Meridians, die Linie aber, in welcher sie den Horizont schneidet, die Mittagslinie.

Der Gnomen.

11 Zur Bestimmung der Mittagslinie dient folgende höchst einfache Vorrichtung, welche schon im Alterthume bekannt war und Gnomon genannt wurde.

Man beschreibt auf einer horizontalen Ebene mehrere concentrische Kreise und errichtet im Mittelpunkte derselben (Fig. 6)

Fig 6.



den Stab K senkrecht. Indem die Sonne von ihrem Aufgange bis Mittag immer höher steigt und dann wieder bis zum Untergange

sinkt, wird bis zum Mittag der Schatten des Stifts immer kürzer, Nachmittags aber wieder länger. Ausserdem ändert sich aber fortwährend die Richtung des Schattens. Hierbei beschreibt der Endpunkt des letztern eine krumme Linie, welche durch *abcc'b'a'* geht. Man beginnt mit der Beobachtung des Morgens, wenn der Endpunkt des von dem Stifte *K* geworfenen Schattens noch etwas über den äusseren Kreis hinausragt und achtet auf, bis der Schatten um so viel kürzer geworden, dass sein Endpunkt in die Peripherie des äussersten Kreises, in *a*, fällt. Diesen Punkt bezeichnet man, etwa durch Einstecken einer Nadel. Bei fortgesetzter Beobachtung bezeichnet man ebenso die Punkte *b*, *c*, *c'*, *b'*, *a'*, in welchen der Endpunkt des Schattens mit den verschiedenen Kreisen zusammentrifft. Weil nun die Sonne Nachmittags in gleichen Zeiten um eben so tief sinkt als sie Morgens stieg, und weil sie zwei, drei u. s. w. Stunden Nachmittags nahezu dieselbe Höhe hat, so haben die gleichen Schattenlinien, welche bis *a* und *a'*, *b* und *b'*, *c* und *c'* gehen u. s. w. eine fast gleiche Entfernung von der Richtung des Schattens, welchen der Stift wirft, wenn die Sonne ihre grösste Höhe erreicht hat. Hälftet man daher die Bogen *aa'*, *bb'*, *cc'* u. s. w. und zieht man durch die dadurch gefundenen Punkte und den Mittelpunkt des Stiftes *K* eine gerade Linie, so giebt diese die Richtung der Mittagslinie an. Es muss hier bemerkt werden, dass man zur Zeit des längsten und kürzesten Tages durch das hier angegebene Verfahren das richtigste Resultat erhält. Der Grund hierfür wird sich aus dem ergeben, was weiter unten folgt.

Denkt man sich die Mittagslinie nach beiden Seiten bis an die Grenze des Horizonts verlängert, so theilt sie letztern in zwei gleiche Theile. In der einen Hälfte des Horizonts sehen wir die Gestirne auf-, in der andern untergehen. Es liegt vor Augen, dass es leicht ist, den Gnomen als Sonnenuhr vorzurichten.

Die übrigen Richtungen im Horizonte erhalten ihre Be- 12
stimmung, indem man sie auf die Mittagslinie bezieht. Zuvörderst denkt man sich durch den Ort des Beobachters eine Linie rechtwinkelig gegen die Mittagslinie gezogen. Die Endpunkte der nun vorliegenden beiden Richtungen werden benannt:

1. nach den Tageszeiten,

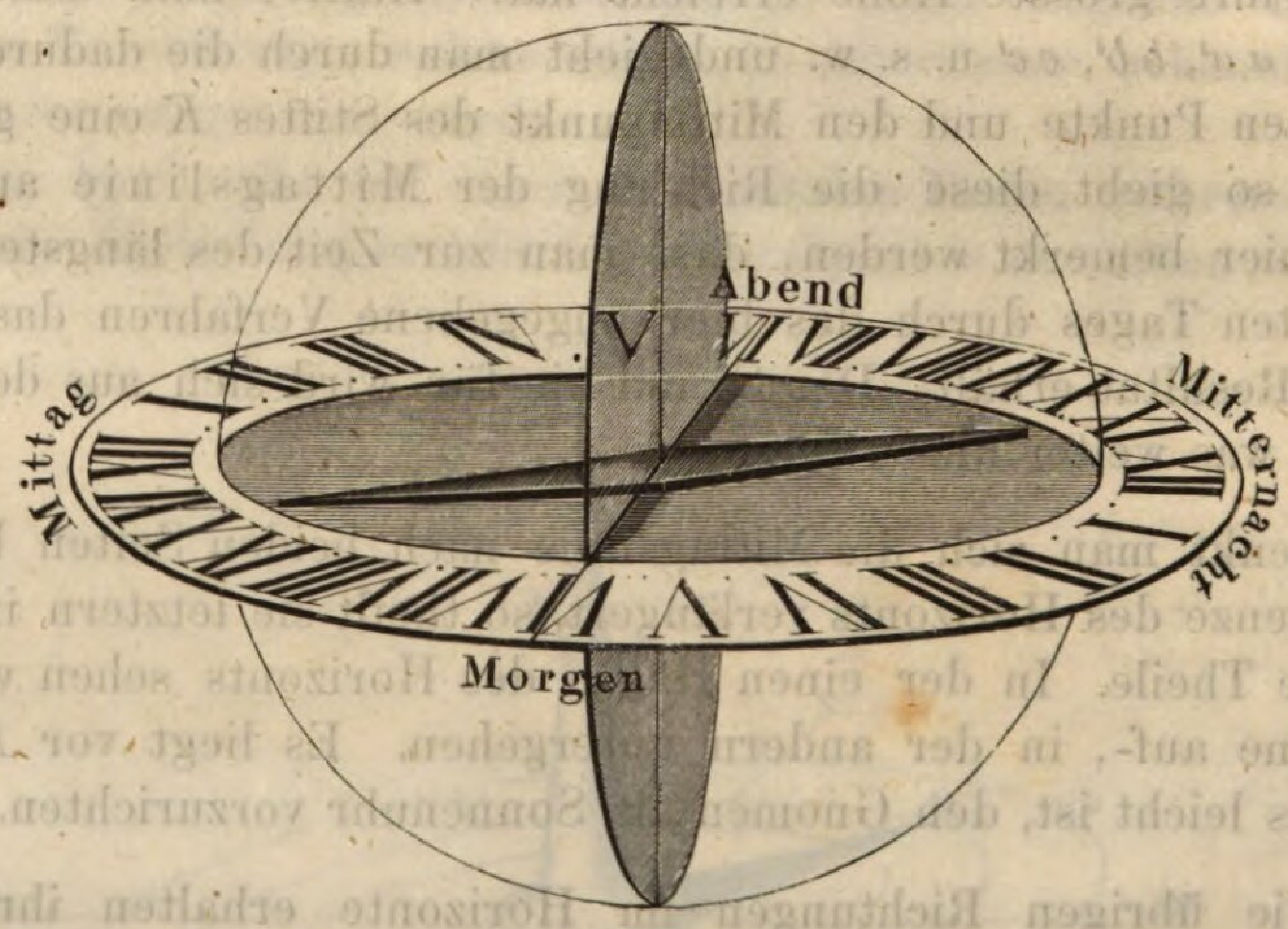
man hat die Namen letzterer nämlich auf die Gegend übertragen in welcher sich die Sonne zu den verschiedenen Tageszeiten be-

findet, und spricht so von Morgen, Mittag, Abend und Mitternacht.

2. Benennt man sie nach den Hauptwinden: Ost, Süd, West, Nord.

Diese Viertheilung, welche für die Zwecke des gemeinen Lebens noch nicht völlig genügt, reicht noch weniger da aus, wo eine genaue Lagenbestimmung erforderlich ist, wie es bei der beim Bergbau vorkommenden Lagenbestimmung unter der Erde, der Seefahrt und bei astronomischen Bestimmungen der Fall ist. Nothwendig und gezwungen ist man daher schon in ältester Zeit auf Unterabtheilungen bedacht gewesen. Hierbei ist aber der Bergmann auf eine andere Eintheilung gekommen, wie der Schiffer, oder der Astronom. Der Markscheider denkt sich den Horizont in 24 Theile oder zweimal zwölf Stunden getheilt, wobei Mittag und Mitternacht die Anfangs- und Endpunkte der Theilung sind. Diesem entspricht die Theilung des Limbus des von ihm gebrauchten Messinstruments, des Grubencompasses (Fig. 7).

Fig. 7.

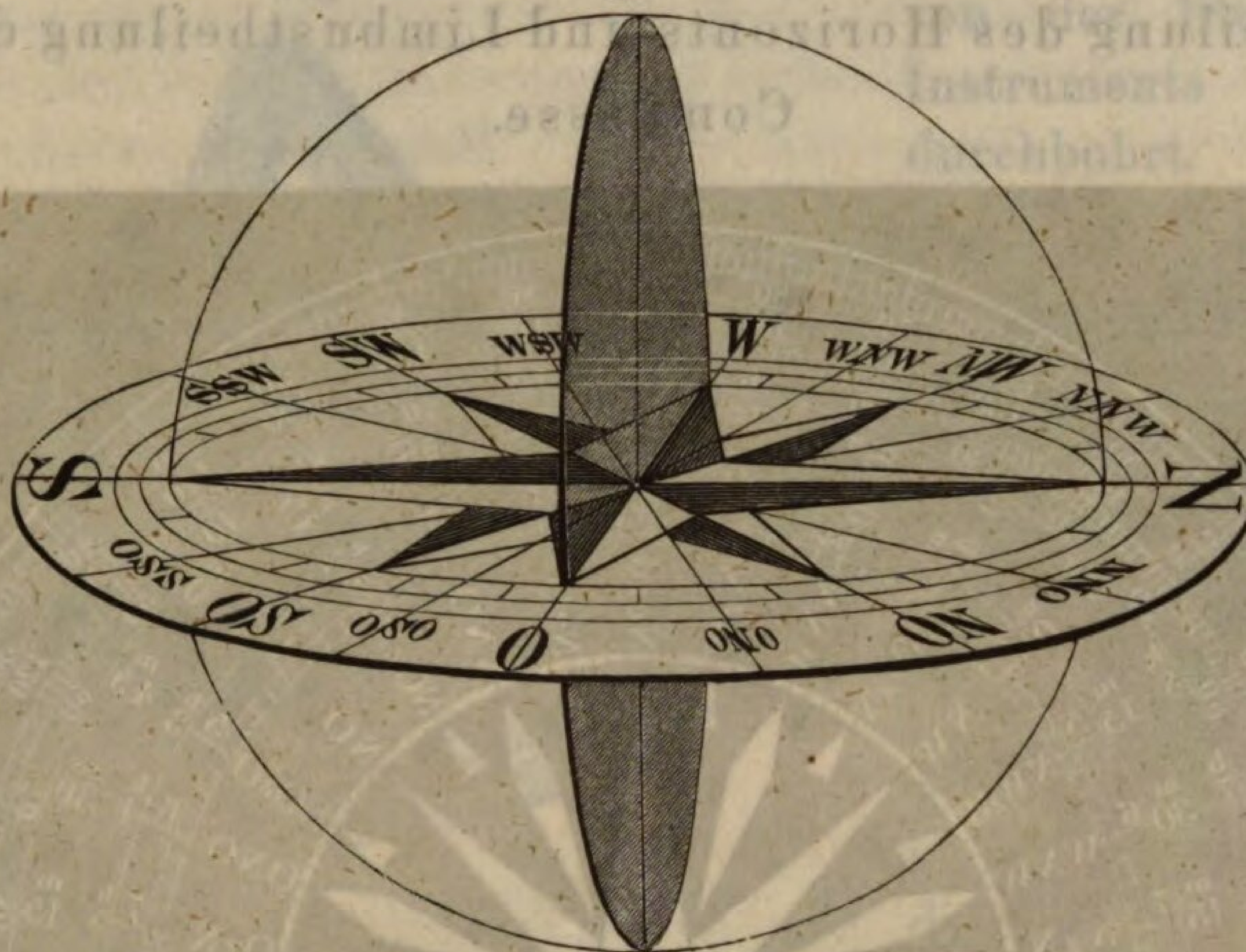


Der Seefahrer denkt sich den Horizont in 32 Theile getheilt. Diese Eintheilung ist aus Fig. 8, welche das Bild eines Steuercompasses zeigt, ersichtlich. Einer dieser Theile, ein sogenannter Strich, wird noch in Achtel getheilt.

Der Feldmesser und Geodät endlich denkt sich, ebenso wie der Astronom, den Horizont, wie jeden andern Kreis, in 360

Grade getheilt und bestimmt den Unterschied der Richtungen im Horizont nach Graden, Minuten und Secunden.

Fig. 8.



Die folgende Figur 9 (a. f. S.) versinnlicht die Theilung des Horizonts nach den Weltgegenden, Strichen, Stunden und Graden, und veranschaulicht zugleich die Limbustheilung, welche bei den verschiedenen Arten der Compasse und Boussolen üblich ist.

Aus Voranstehendem ergiebt sich, dass man die Lage der Gestirne auf höchst einfache Weise bestimmen kann. Der wichtigste Theil der auf die Lagenbestimmung gerichteten Arbeit ist die Ermittelung der in Betracht kommenden Winkel und Bogen nach Maass und Grösse. Da hierbei immer von einer Messung ausgegangen werden muss, so haben wir uns schon jetzt nach Werkzeugen umzusehen, mit welchen sie ausgeführt werden kann. Ausser der Boussole und dem Compasse, welche schon eben genannt sind, kommen hier nur die minder kostbaren, der einfache Sextant, der Spiegelsextant, die neueren Reflexionsinstrumente sowie die Theodoliten in Betracht. 13

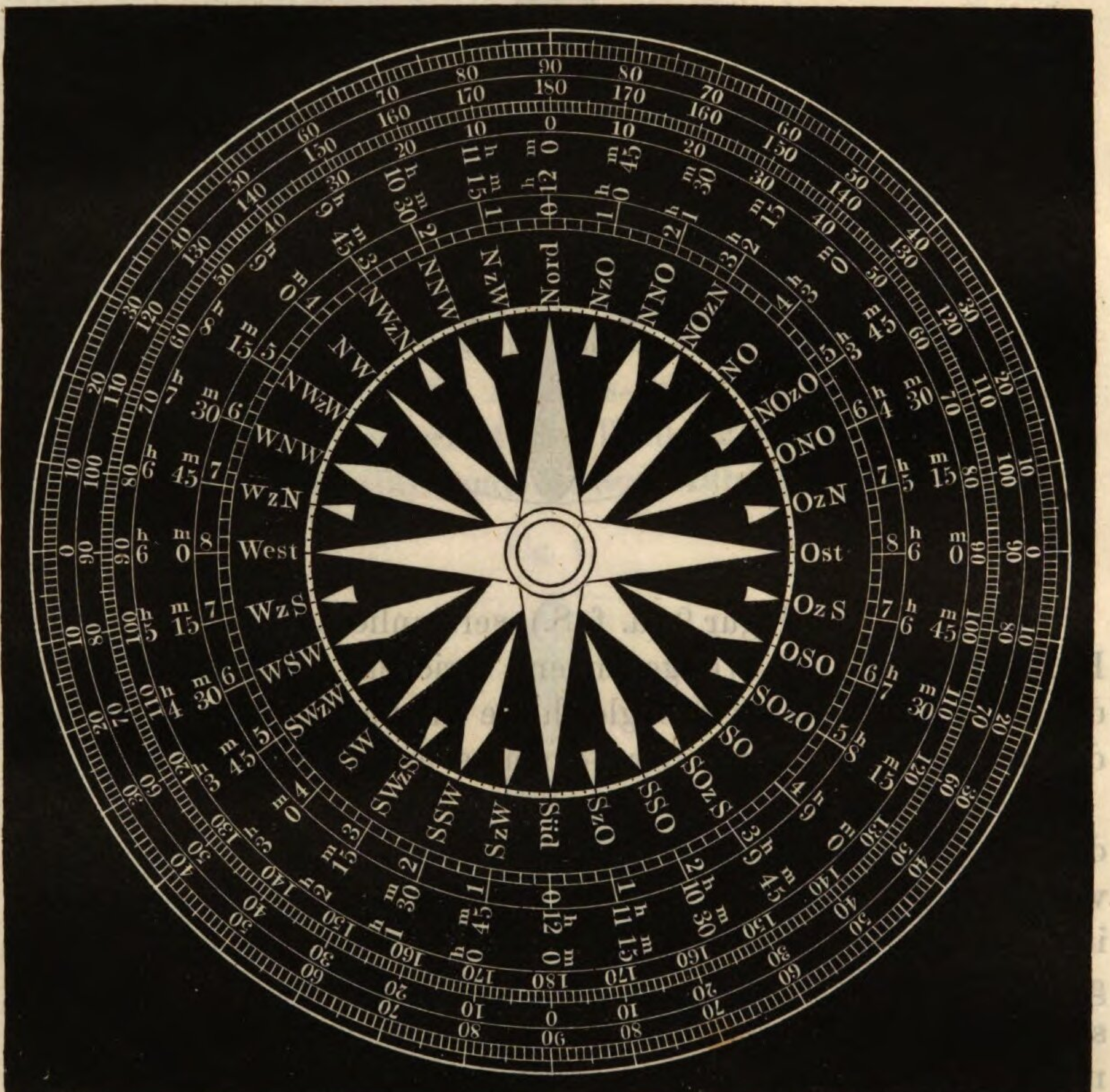
Der einfache Sextant (Fig. 10, a. S. 13) kann nur dann als Messwerkzeug empfohlen werden, wenn man sich mit einer nur annähernden Grössenbestimmung der Winkel begnügen will und darf.

Auf dem aus Messing, Zink oder Holz bestehenden Körper des Instruments, welcher, wie aus der nachstehenden Figur er-

sichtlich ist, die Form eines Kreisausschnittes hat, sind die Punkte m, a, b so bestimmt, dass sie die Eckpunkte eines gleich-

Fig. 9.

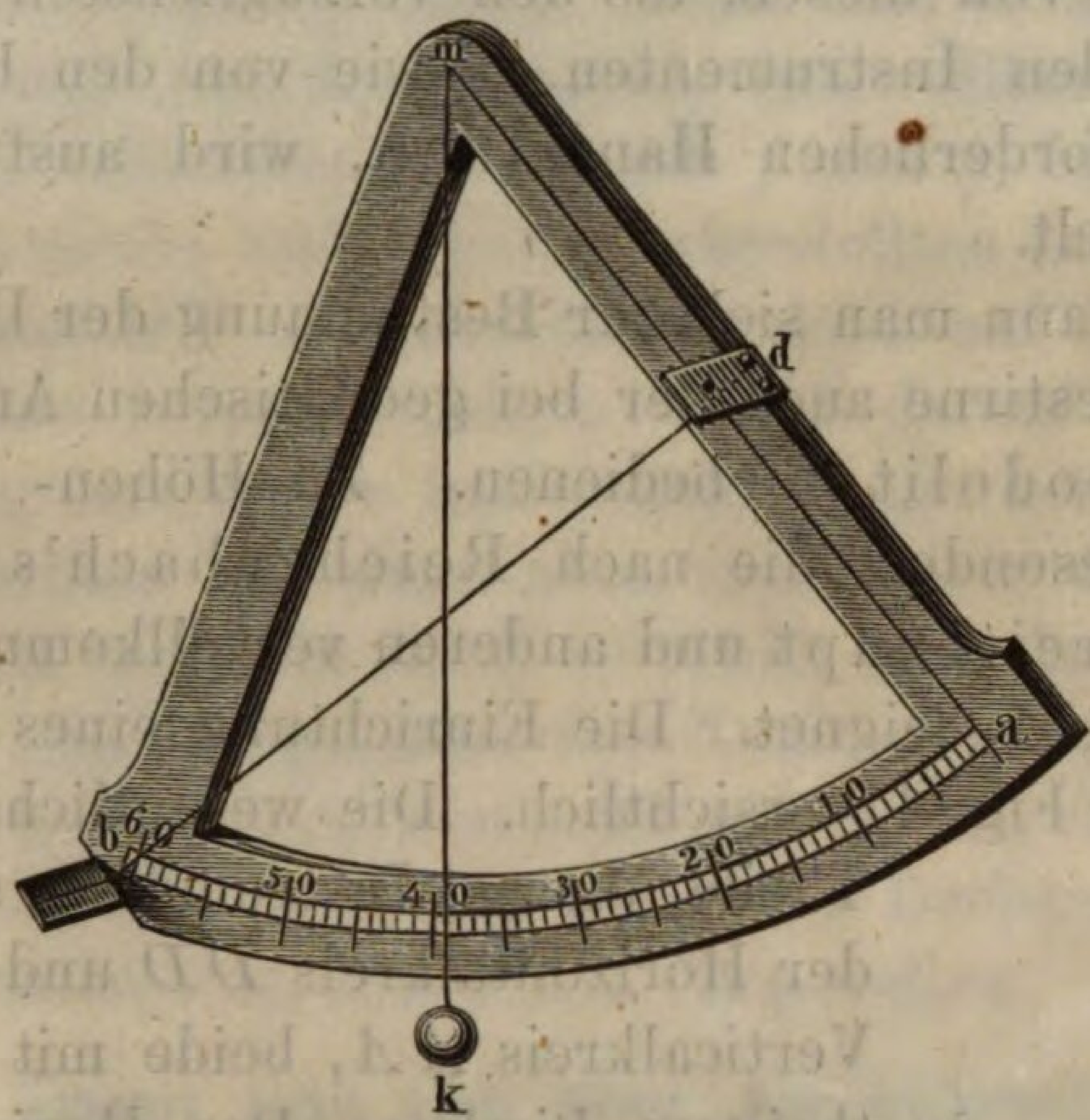
Theilung des Horizonts und Limbustheilung der Compasse.



seitigen Dreiecks bilden. Demzufolge ist der Winkel $amb = 60^0$ und der aus m mit dem Halbmesser ma beschriebene, von a und b begrenzte Bogen der sechste Theil eines Kreises. Letzterer ist in Grade und kleinere Theile getheilt, welche von a, als dem Anfangs- oder Nullpunkte der Theilung, nach b hin fortgezählt werden. Im Punkte d, dem Fusspunkte eines von b auf ma gefällten Lothes, ist ein kleines Messingplättchen rechtwinkelig gegen die Fläche des Instruments befestigt, und in b ein zweites so, dass es jenem parallel ist. Die kleine Messingplatte in d hat in der Mitte

genau über dem Fusspunkte des Lothes *bd* eine kleine Oeffnung, und ebenso ist auch das Messingplättchen *b* in seiner Mitte in

Fig. 10.



gleicher Entfernung von der Ebene des Instruments conisch durchbohrt. In *m* ist ein Pferdehaar befestigt, welches, herabhängend, durch eine an seinem andern Ende *k* befestigte Messingkugel gespannt wird.

Um die Höhe der Sonne zu messen, bringt man das Instrument in die durch den Scheitelpunkt, den Ort des Beobachters und den Mittelpunkt der Sonne gelegt gedachte Verticalebene, und dreht dasselbe so weit, dass der Schatten des Plättchens in *d* auf das Plättchen in *b* fällt und der durch die in dem Plättchen *d* befindliche Oeffnung hindurchgehende Sonnenstrahl mit der auf dem Plättchen in *b* befindlichen conischen Oeffnung zusammentrifft. Der in dieser Lage des Instruments durch das Haar *mk* begrenzte Bogen in Graden und Minuten ausgedrückt, ist die gesuchte Höhe der Sonne. Nach der Lage, welche der Sextant in Figur 9 hat, würde letztere $= 39^{0}$ sein.

Weil die Linie *ma* auf der vom Beobachter nach dem Mittelpunkte der Sonne gezogen gedachten Linie *bd*, und *mk* auf der durch *b* gelegt gedachten Horizontallinie senkrecht steht, so ist der Winkel *amk* dem Winkel, welchen *ad* mit der Horizontallinie bildet, d. i. der Sonnenhöhe gleich.

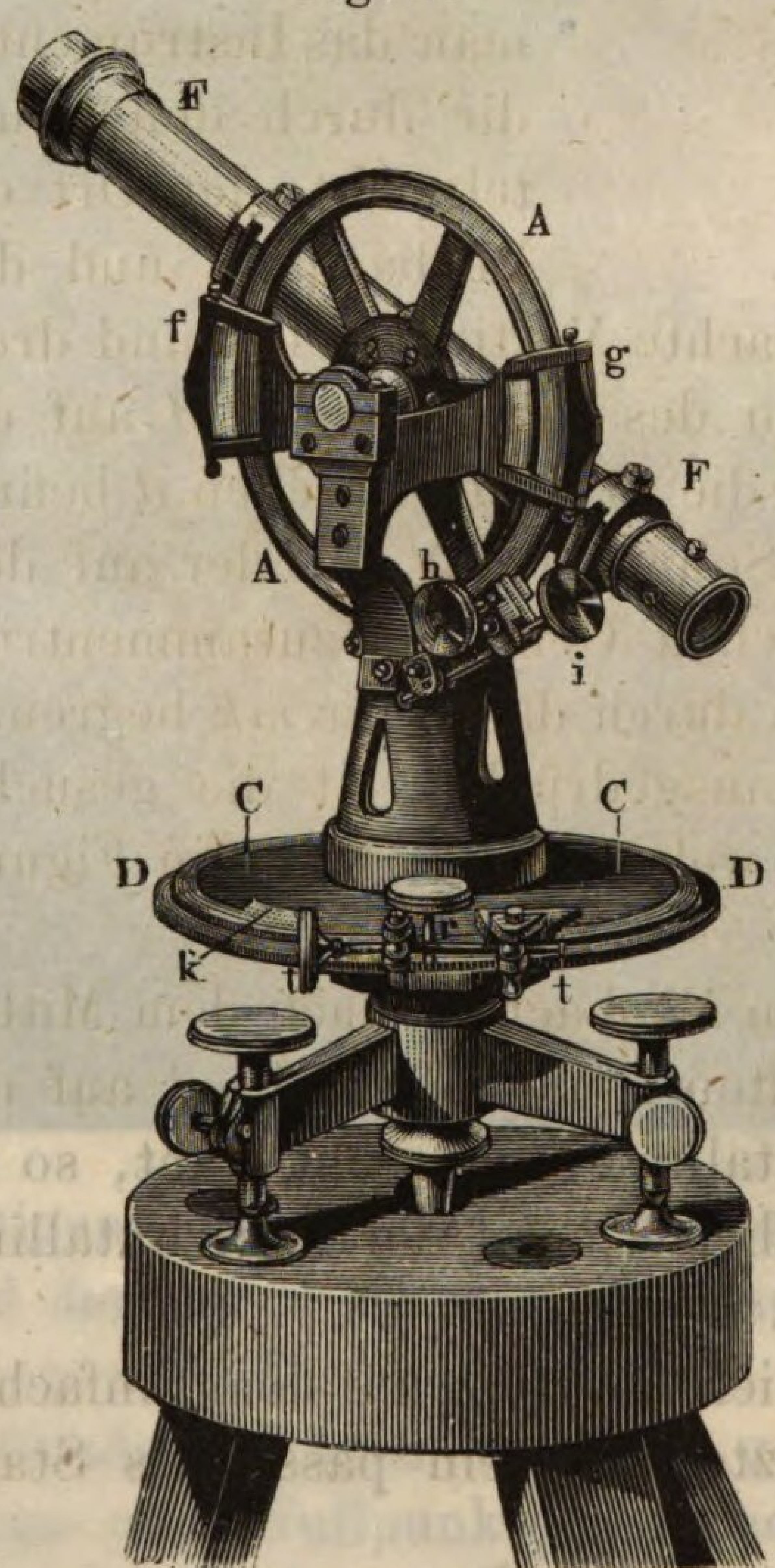
Bequemer und sicherer lässt sich die Höhe mit dem einfachen Sextanten messen, wenn man letztern an ein passendes Stativ befestigt.

Um die Höhe eines Sterns zu bestimmen, bringt man das verticalstehende Instrument in die Lage, dass das hinter *b* befindliche Auge den Stern durch die in dem Messingplättchen bei *b* und *d* befindlichen kleinen Oeffnungen sieht.

Genauer als durch den hier beschriebenen Sextanten lässt sich die Höhe der Himmelskörper durch den Spiegelsextanten, sowie durch das von Pistor und Martins erfundene Reflexionsinstrument bestimmen. Von diesen, als den vorzüglichsten der tragbaren winkelmessenden Instrumenten, sowie von den beim Gebrauche derselben erforderlichen Handgriffen, wird ausführlich weiter unten gehandelt.

Auf dem Festlande kann man sich zur Bestimmung der Höhe und des Azimuths der Gestirne auch der bei geodätischen Arbeiten gebräuchlichen Theodoliten bedienen. Zu Höhen- und Azimuthmessung sind besonders die nach Reichenbach's Angabe construirten, von Breithaupt und anderen vervollkommneten Theodoliten vorzüglich geeignet. Die Einrichtung eines solchen Instruments ist aus Fig. 11 ersichtlich. Die wesentlichsten Theile dieses Instruments sind der Horizontalkreis *DD* und der Verticalkreis *AA*, beide mit getheiltem Limbus. Der Horizontalkreis besteht wieder aus zwei Theilen, nämlich aus einem festen Kreisringe *DD*, auf welchem die Gradeintheilung, der Limbus, angebracht ist, und dem darauf liegenden, um eine verticale Axe drehbaren Kreise *CC*. Dieser letztere heisst der Alhidadenkreis oder kurz die Alhidade. An dem Alhidadenkreise ist der Nonius *k* angebracht, welcher sich bei der Drehung der Alhidade über den Limbus hinweg bewegt. Ist der Kreis *CC* so weit gedreht, dass die Axe des Fernrohrs auf den zu messenden Gegenstand gerichtet ist, so wird er durch die Stellschraube *r* festgestellt und die schärfere Einstellung durch die Mikrometerschraube *t* bewirkt.

Fig. 11.



Auf dem Alhidadenkreise *CC* ist ein Gestell befestigt, welches eine horizontal liegende Axe trägt, an welcher das Fernrohr *FF*

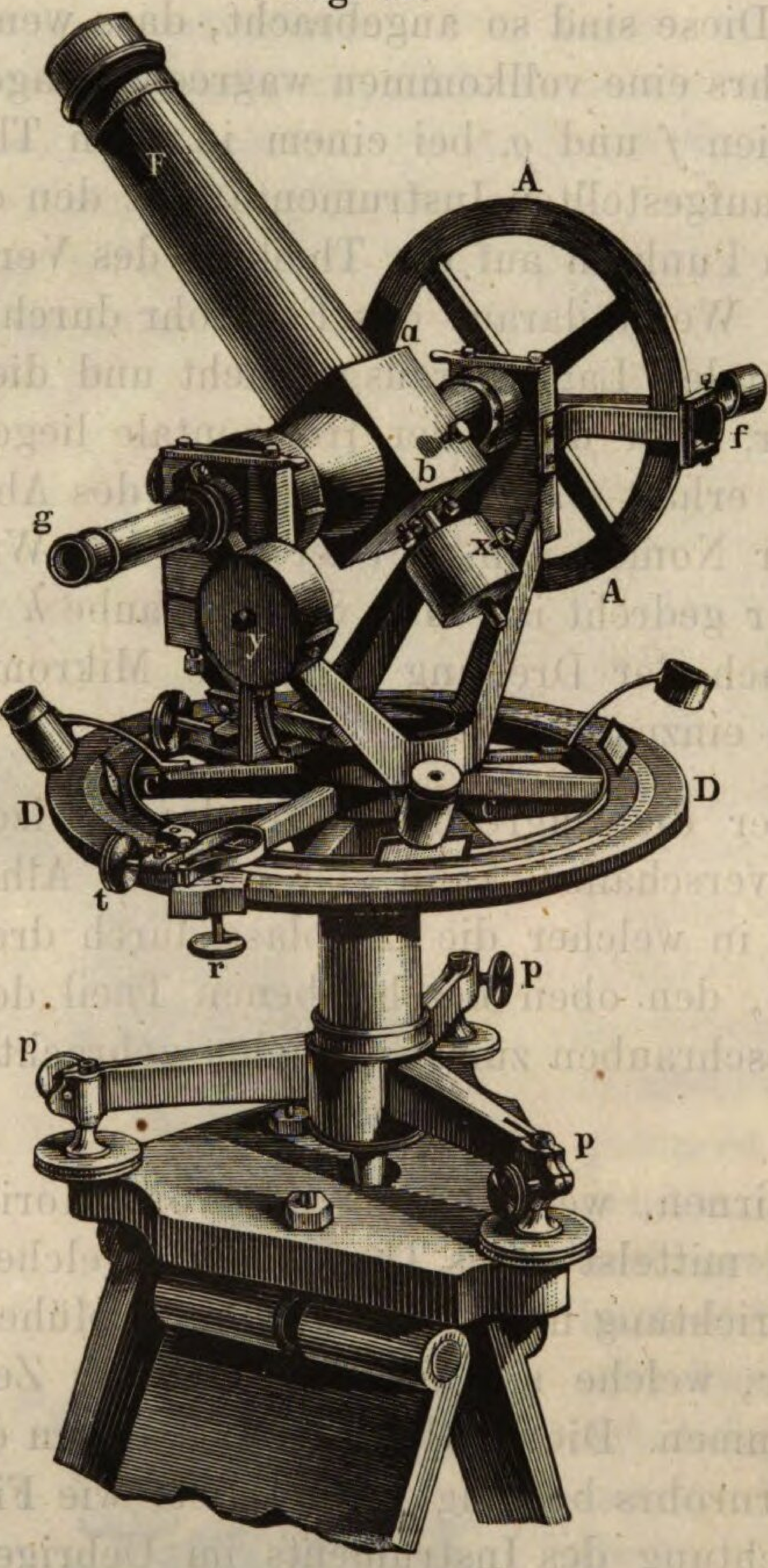
und der Verticalkreis *AA* so befestigt sind, dass sie ihre gegenseitige Stellung bei der Drehung der Axe nicht verändern. Zu beiden Seiten des drehbaren Verticalkreises befinden sich die festen Nonien *f* und *g*. Diese sind so angebracht, dass wenn die optische Axe des Fernrohrs eine vollkommen wagrechte Lage hat, die Nullpunkte der Nonien *f* und *g*, bei einem in allen Theilen adjustirten und gehörig aufgestellten Instrumente, mit den durch 0° und 180° bezeichneten Punkten auf der Theilung des Verticalkreises zusammenfallen. Wenn darauf das Fernrohr durch Drehung aus seiner horizontalen Lage herausgebracht und die Axe desselben auf einen über, oder unter der Horizontale liegenden Punkt gerichtet wird, so erhält man durch Ablesung des Abstandes des Nullpunktes der Nonien von 0° oder 180° den Winkel, um welchen das Fernrohr gedreht ist. Die Stellschraube *h* dient um den Verticalkreis nach der Drehung fest, die Mikrometerschraube *i* um ihn genau einzustellen.

Damit man sich über die wagrechte Lage des Horizontalkreises *DD* Gewissheit verschaffen kann, ist auf der Alhidade eine Libelle angebracht, in welcher die Luftblase durch drei auf dem Stative angebrachte, den oben beschriebenen Theil des Instruments tragende Fussschrauben zum Einspielen gebracht werden kann.

Die Höhe von Gestirnen, welche über 45° vom Horizonte entfernt sind, lässt sich mittelst eines Theodoliten, welcher die soeben beschriebene Einrichtung hat, nur mit einiger Mühe, die der Himmelskörper aber, welche sich in der Nähe des Zeniths befinden, gar nicht bestimmen. Diesen Uebelstand hat man durch eine Abänderung des Fernrohrs beseitigt. Dabei ist, wie Fig. 12 (a. f. S.) zeigt, die Einrichtung des Instruments im Uebrigen im Wesentlichen unverändert geblieben. Auch hier trägt der auf dem Limbus *D* liegende, horizontal drehbare Alhidadenkreis *C* das Lager für die Axe des Fernrohrs *F* und des mit demselben verbundenen Verticalkreises *A*. Die Ablesung an den Nonien, von welchen in der Figur für den Verticalkreis einer bei *f*, die für den Horizontalkreis über *D* und *D* sichtbar sind, geschieht nicht mit blossem Auge, sondern durch Loupen. Um die feinen Theilstriche auf dem Limbus des Horizontalkreises deutlicher wahrnehmen zu können, ist hier vor jedem Nonius ein Schirm von durchscheinendem Papier angebracht.

Das Fernrohr ist bei diesem Instrumente so abgeändert, dass der Theil des Rohres, vor welchem sich das Ocularglas befindet, g, mit dem, welcher das Objectivglas trägt, einen rechten Winkel macht. Beide Theile sind an dem hohlen, würfelförmigen Körper $a\,b$ befestigt. Im Innern des letztern ist ein Spiegel in der Richtung $a\,b$ so angebracht, dass seine Ebene, mit der optischen Axe sowohl des Objectivendes des Fernrohrs, als auch mit der des Ocularendes, einen Winkel von 45° macht. Die spiegelnde Fläche ist die Hypotenusenfläche eines rechtwinkeligen, gleichschenkeligen Glasprismas. Letzteres ist dem hohlen würfelförmigen Körper so eingefügt, dass seine eine Kathetenfläche gegen das Objectiv, die andere gegen das Ocular gerichtet ist. Da die vom Objectiv kommenden Strahlen unter rechtem Winkel auf die eine Kathetenfläche fallen, so treten sie fast ungebrochen in das Prisma ein, treffen dann bei ihrem Fortgange unter 45° auf die Hypotenusenfläche, werden von dieser unter einem gleich grossen Winkel zurückgeworfen, fallen darauf auf die gegen das Ocular gerichtete zweite Kathetenfläche und gelangen durch diese, ebenfalls wenig gebrochen, hindurchgehend zum Ocular. Da nun das Ocularende des Fernrohrs ein Stück der horizontalliegenden Umdrehungsaxe des Objectivendes des Fernrohrs bildet, so bleibt,

Fig. 12.

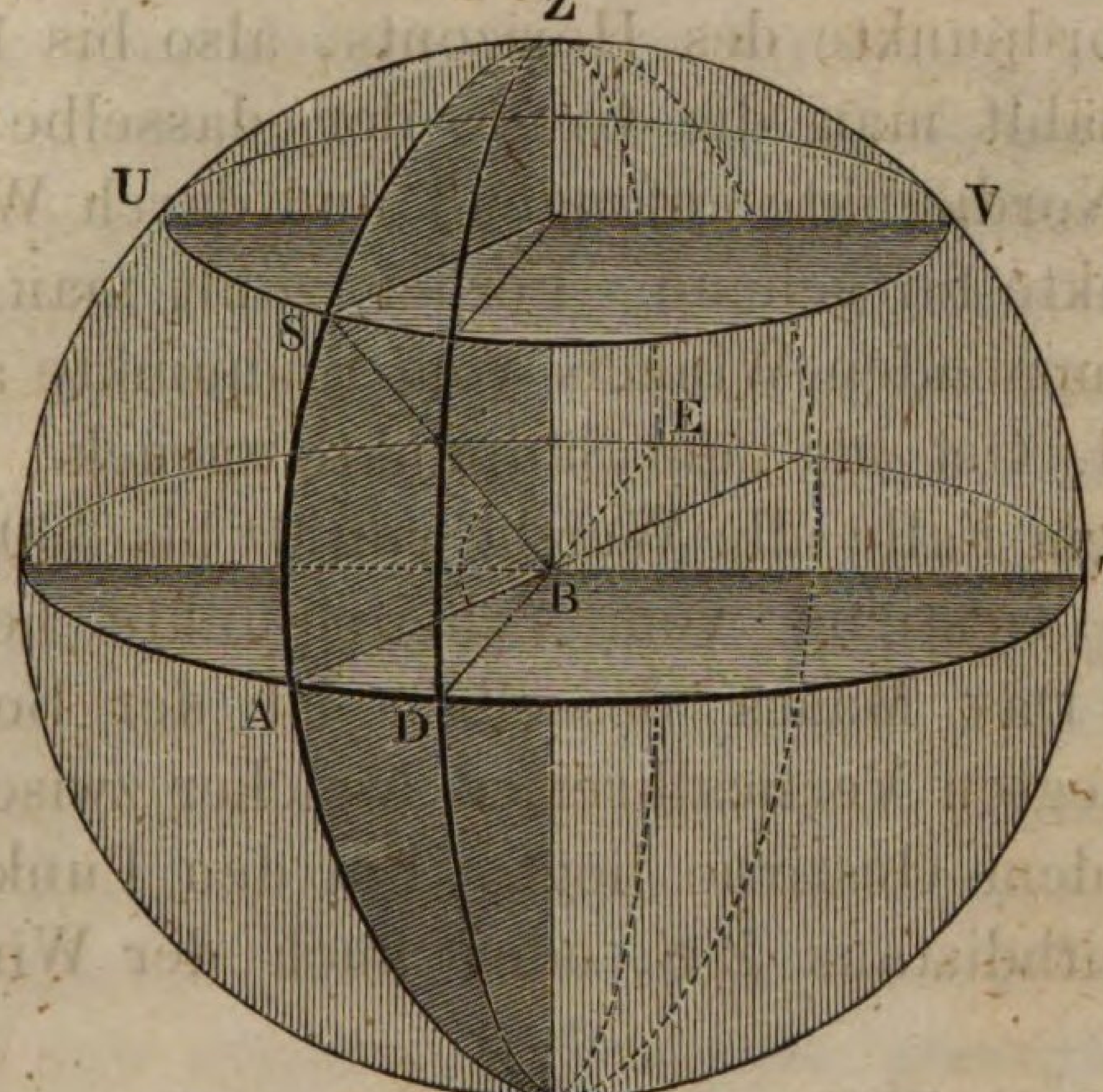


wenn dieses letztere in ein und derselben Verticalebene herumgedreht wird, das Ocular in derselben Lage und man kann somit bequem die Höhe aller Gegenstände beobachten, welche sich in jener Verticalebene befinden, diese mögen in der Nähe des Horizonts, oder in der Nähe des Scheitelpunkts, oder in letzterm selbst stehen.

Die Metallmassen *x* und *y* sind als Gegengewichte für das Objectivende des Fernrohrs und den Verticalkreis angebracht.

Den Zusammenhang und die gegenseitige Beziehung der 14
Punkte, Linien, Ebenen, Kreise und Winkel, von welchen im Voranstehenden die Rede gewesen, veranschaulicht Fig. 13, mittelst welcher sich dann auch die noch anderweitig erforderlichen räumlichen Vorstellungen deutlich machen lassen.

Fig. 13.



Für einen in *B* befindlichen Beobachter möge *HZTNDE* das Himmelsgewölbe, *HT* den Horizont, *Z* den Scheitelpunkt oder das Zenith, *N* den Fusspunkt oder das Nadir, *HZTN* den Meridian, *HBT* die Mittagslinie vorstellen.

Wenn nun die Aufgabe vorliegt, die Lage eines beliebigen Punktes am Himmel etwa *S* zu bestimmen, so denkt man sich zuvörderst durch diesen Punkt und die Verticallinie *ZB* eine Ebene gelegt. Eine solche Ebene heisst eine Verticalebene, und der Kreis *ZSAN*, welcher da entsteht, wo sie, gehörig erweitert gedacht, das Himmelsgewölbe schneidet, der Vertical- oder Scheitelkreis. Die Lage des Punktes *S* ist nun bestimmt, wenn 1) die Lage des Verticalkreises, in welchem er liegt; 2) seine Erhebung über dem Horizonte bestimmt ist. Die Lage des Verticalkreises wird aber durch den Winkel bestimmt, welchen er mit der Ebene des Meridians einschliesst,

d. i. durch den Winkel HBA, und seine Erhebung über dem Horizonte erhält ihre Bestimmung durch den Winkel SBA.

Der Winkel HBA, welcher durch den Bogen HA gemessen wird, heisst das Azimuth, der Winkel SBA, dessen Maass der Bogen SA ist, die Höhe des Gestirns. Der durch die Verticallinie ZN und die auf der Mittagslinie HBT senkrecht stehende, also im Ost- und Westpunkte des Himmelsgewölbes endende Linie DC gelegt gedachte Vertical- oder Scheitelkreis heisst der erste Verticalkreis oder kurz der erste Vertical.

Denkt man sich durch den Punkt S eine Ebene gelegt, welche dem Horizonte parallel ist, so schneidet diese die Himmelskugel in dem kleinsten Kugelkreise USV. Dieser Kreis heisst in Beziehung auf das Gestirn der Höhenkreis oder das Almukantharát.

Das Azimuth wird einmal, vom Südpunkte ausgehend, auf der einen Seite über Westen hinaus, auf der andern Seite über Osten hinaus bis zum Nordpunkte des Horizonts, also bis 180° gerechnet. Anderweitig zählt man die Grade der dasselbe bestimmenden Winkel vom Nordpunkte anfangend und durch West, oder Ost bis zum Südpunkte fortgehend. Ferner zählt man die Grade des dasselbe bestimmenden Winkels vom Südpunkte ausgehend, über West, Nord, Ost bis zum Südpunkte zurück. Der Winkel durchläuft in diesem Falle alle Werthe von 0° bis 360°.

15 Der Abstand eines Gestirns vom Scheitelpunkte heisst seine Zenithdistanz. Das Maass desselben ist der Bogen des durch das Gestirn gelegten Verticalkreises, welcher zwischen dem Scheitelpunkte und dem Gestirne liegt. Für den Punkt S, Fig. 13, also ist die Zenithdistanz ZS, oder auch der Winkel ZBS.

Die Zenithdistanz und die Höhe eines Gestirns ergänzen einander zu 90°, demzufolge hat man, wenn man die Höhe durch h, die Zenithdistanz durch z bezeichnet:

$$h + z = 90^\circ, \text{ daraus folgt}$$
$$z = 90^\circ - h$$
$$h = 90^\circ - z.$$

16 Das hier angegebene Verfahren, die Lage der Punkte am Himmelsgewölbe durch Bogen zu bestimmen, ist der in der Geometrie üblichen Lagenbestimmung durch Abscissen und Ordinaten analog. Der den Horizont begrenzende Kreis kann als

die Abscissenlinie, das Azimuth des Gestirns als die Abscisse und seine Höhe als Ordinate betrachtet werden.

Die Lage eines Gestirns bei seinem Auf- oder Unter- 17
gange, d. h. wenn es sich mit seinem Mittelpunkte im Horizonte befindet, bestimmt man durch den Winkel im Horizonte, welchen die vom Auge des Beobachters nach dem Mittelpunkte des Gestirns gezogen gedachte Linie mit der den Ost- und Westpunkt verbindenden, einschliesst. Für den Punkt A in Figur 13 ist dieser Winkel ABD. Beide, sowohl der Winkel, als sein Maass, der in Graden und Minuten ausgedrückte Bogen DA, werden die Amplitude oder Weite des Gestirns genannt. Beim Aufgange bezeichnet man sie näher durch Morgenamplitude oder Morgenweite (*Amplitudo ortiva*), beim Untergange durch Abendamplitude oder Abendweite (*Amplitudo occidua*). Die Amplitude ist entweder südlich oder nördlich.

Durch das Voranstehende ist man in den Stand gesetzt, 18
die Himmelskörper nach ihrer gegenseitigen Lage auffassen und denselben bei ihrer Bewegung folgen zu können, und zwar so, dass man die sich dabei ergebenden Wahrnehmungen in Maass und Zahl ausdrücken kann. Richten wir demzufolge unsere Aufmerksamkeit auf die Vorgänge am Himmelsgewölbe.

Wenn man in einer sternhellen Nacht von einem frei- 19
liegenden Standpunkte aus seinen Blick auf das Himmelsgewölbe richtet, so nimmt man eine langsame gemeinschaftliche Bewegung aller Gestirne wahr. Von dem östlich vom Meridian gelegenen Theile des Horizonts bis zum Meridian heraufsteigend, und dann wieder an der westlichen Seite hinabsinkend, bewegen sie sich in grösseren und kleineren concentrischen und einander parallelen, bei uns gegen den Horizont geneigten Kreisen am sichtbaren Theile des Himmelsgewölbes gleichförmig fort. Indem sich ihre gegenseitige Lage am Himmelsgewölbe nicht ändert, scheint es, als ob sich das ganze Himmelsgewölbe umwälze. Nur ein Punkt bleibt völlig unbeweglich; die Sterne beschreiben um diesen, je nach ihrer grössern, oder geringern Entfernung von ihm, weitere, oder kleinere Kreisbogen, die, welche ihm zunächst stehen, bleiben stets über dem Horizonte und durchlaufen volle Kreise. Nach der Analogie dürfen wir schliessen, dass auch die übrigen Sterne, welche am östlichen Theile aufgehen und am westlichen wieder verschwinden, die Kreisbahn, welche sie über dem Horizont beschreiben, auch unter demselben fortsetzen.

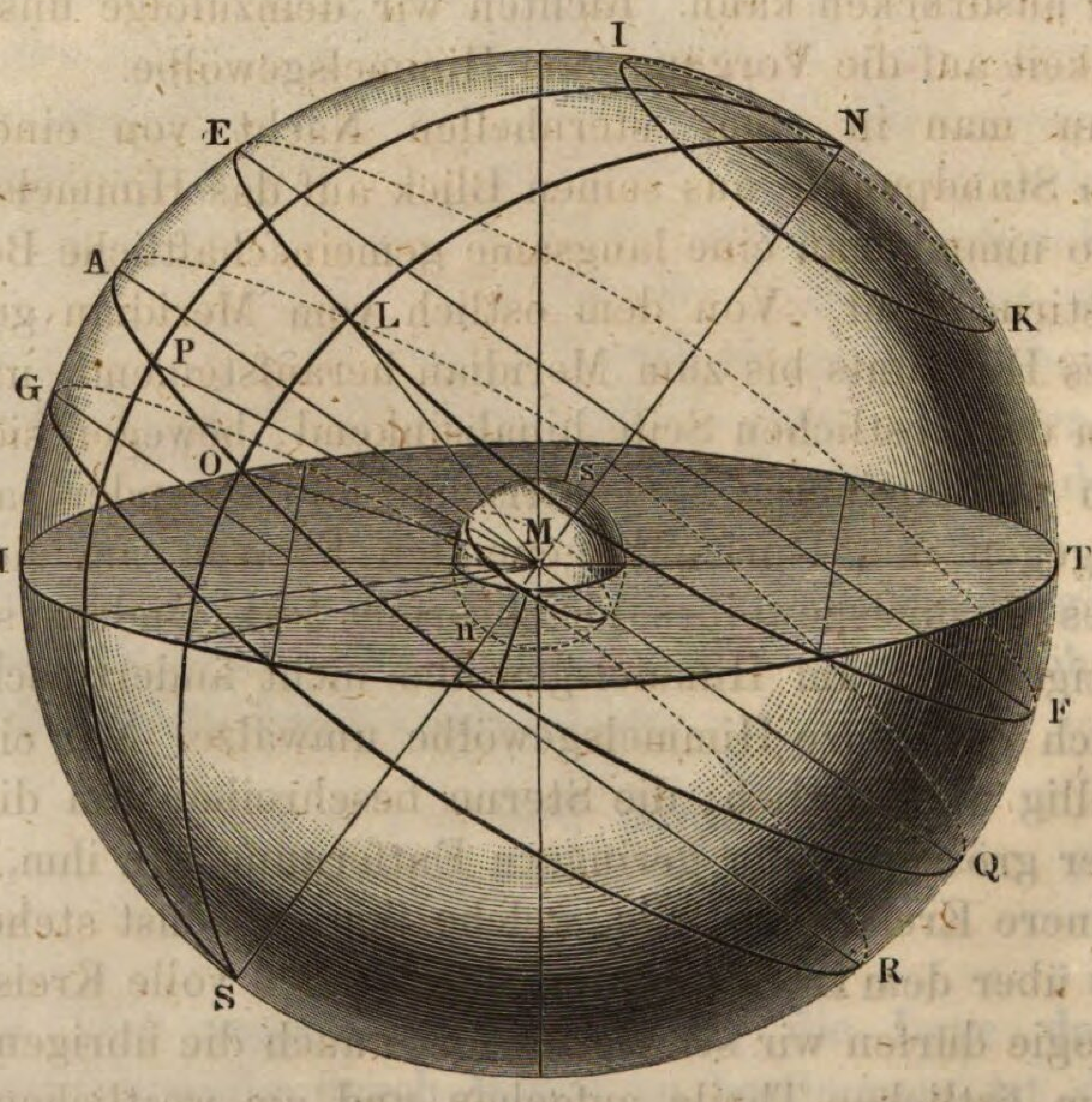
Scheinbar umkreist somit das Himmelsgewölbe unsere Erde. Die angeführten Erscheinungen werden aber genau dieselben bleiben, wenn wir annehmen, dass das Himmelsgewölbe in Ruhe verharrt, die Erde sich aber um eine gewisse durch ihren Mittelpunkt gezogen gedachte Linie, um eine Axe dreht. Aus sehr triftigen Gründen hat man sich für diese letzte Annahme entschieden.

II. Die Lage der Gestirne, bezogen auf den Mittelpunkt der Erde.

(Objective Lagenbestimmung.)

21 Die Linie *s n* (Fig. 14), um welche sich die Erde nach jener Annahme, von welcher soeben die Rede war, dreht, wird,

Fig. 14.



gehörig verlängert gedacht, mit dem Punkte des Himmelsgewölbes zusammentreffen, um welchen, als Mittelpunkt, die Gestirne

ihre Kreisbahnen beschreiben. Dieser unbewegliche Punkt am Himmelsgewölbe führt den Namen des Welt- oder Himmelspols. Der über unserm Horizonte liegende, N, heisst der Nordpol, der am andern Ende der Axe liegende, S, der Südpol. Die über die Erde hinaus verlängert gedachte Erdaxe sn heisst die Himmels- oder Weltaxe. Erstere ist somit nur als Theil der letztern zu betrachten.

Die Ebenen EF, GR, AQ (Figur 14), in welchen die 22
Kreisbahnen der Sterne liegen, stehen auf der Axe des Himmels SN senkrecht. Die Kreisbahnen selbst werden Tag- oder Parallelkreise, die über dem Horizont liegenden Stücke derselben aber Tagbogen genannt.

Die Ebene AQ, welche man sich durch den Mittelpunkt der Erde, rechtwinkelig gegen die Erd- oder Weltaxe (Fig. 14), gelegt denken muss, heisst die Aequatorialebene. Die Kreislinie, welche da entsteht, wo die Aequatorialebene die Oberfläche der Erde schneidet, heisst der Erdäquator oder Gleicher, der Kreis am Himmel aber, welcher durch den Durchschnitt der gehörig erweitert gedachten Aequatorialebene mit dem Himmelsgewölbe entsteht, der Himmelsäquator oder der Aequinoctialkreis. Letzterer ist der grösste der Parallelkreise.

Denkt man sich durch die Weltaxe und einen Himmels- 23
körper eine Ebene gelegt, so steht diese auf der Aequatorialebene senkrecht. Der Kreis, welcher durch den Durchschnitt einer solchen Ebene mit dem Himmelsgewölbe entsteht, heisst der Declinationskreis oder Stundenkreis des Gestirns.

Die Figur 14 veranschaulicht die genannten Ebenen und 24
Kreise in ihrer Gesammtheit. Es ist:

NS die Weltaxe,
N der Nordpol,
S der Südpol,
AOQ der Aequatorial- oder Aequinoctialkreis,
EF, GR, IK sind Parallelkreise,
$NLOS$ ist ein Declinationskreis.

Wenn für ein Gestirn L (Fig. 14), die Lage seines Decli- 25
nationskreises $NLOS$ und mit dem Bogen OL, d. i. dem Maasse des Winkels OML, sein Abstand vom Aequator bekannt sind, so ist die Lage des Gestirns ebenfalls bestimmt.

Um die Lage des Declinationskreises $NLOS$ anzugeben, nimmt man einen Declinationskreis als den ersten an, um auf

ihn die Lage der übrigen zu beziehen. Denkt man sich nun NPS als den ersten Declinationskreis, so erhält $NLOS$ in Beziehung auf diesen seine Lagenbestimmung durch den Winkel PMO, oder, was dasselbe ist, durch den Bogen, welcher zwischen den Punkten auf dem Aequator liegt, in welchem letzterer von dem ersten und dem zu bestimmenden Declinationskreise geschnitten wird. In Figur 14 ist dieses der Bogen PO.

Der Punkt P auf dem Aequator, welcher als der erste angenommen wird, heisst der Frühlingspunkt oder Aequinoctialpunkt; der Bogen PO die Rectascension oder die gerade Aufsteigung (*Ascensio recta*), und der Bogen des Declinationskreises zwischen dem Aequator und dem Gestirne, d. i. LO, die Declination oder Abweichung des letztern.

Die Rectascension wird vom Frühlingspunkte nach Osten bis zum Anfangspunkte zurück, die Declination vom Aequator aus nach dem Nordpole, oder auch nach dem Südpole hin, bis 90° gezählt. Ist die Declination nördlich, so bezeichnet man dieses einfach dadurch, dass man vor die betreffende Zahl ein + (plus) setzt, ist sie südlich, so drückt man dieses durch ein vorangestelltes — (minus) aus.

Die Lage eines Gestirns auf seinem Declinationskreise ist ausser durch die Declination auch durch den Abstand von dem einen, oder anderen Pole bestimmt, d. i. durch den Bogen NL oder SL. Die Länge des Bogens NL heisst die Poldistanz des Gestirns. Sie wird vom Pole ausgehend, von 0° bis 180° gezählt. Bezeichnet man die Declination durch δ, die Poldistanz durch p, so ist:

$$p \pm \delta = 90^\circ, \text{ folglich}$$
$$p = 90^\circ \mp \delta,$$
$$\delta = 90^\circ - p.$$

26 Die Art und Weise, mittelst welcher man die Lage der Oerter auf der Oberfläche der Erde bestimmt, stimmt genau mit der hier angegebenen überein. Die geographische Länge auf der Erdoberfläche entspricht nämlich der geraden Aufsteigung, die geographische Breite aber der Abweichung. Jede Meridianebene theilt die Erdkugel in eine westliche und in eine östliche Hälfte. Wenn in der Geographie von Meridianen die Rede ist, so versteht man darunter die Hälfte der grössten Kreise auf der Erdoberfläche, welche durch den Nordpol und Südpol der Erde gehen. Sie stehen auf dem Erdäquator senkrecht und wer-

den von demselben gehälftet, so dass auf beiden Seiten des letztern 90° liegen. Die Zahlen, welche die Länge eines solchen Bogens ausdrücken, der den Abstand eines Ortes vom Aequator angiebt, heissen *Grade der Breite*. Die Breite ist nördlich oder südlich. Der Anfangspunkt, von welchem man bei Bestimmung derselben ausgeht, wird auf dem Aequator angenommen. Man spricht demzufolge von Orten *höherer*, *mittlerer*, oder *niedriger* Breite.

Unter Orten von *hoher Breite* sind die in der Polarzone zu verstehen.

Die Lage des durch einen beliebigen Ort gehenden Erd- 27
meridians erhält ihre Bestimmung durch den Winkel, welchen er mit dem Meridian eines andern bereits bekannten Orts einschliesst.

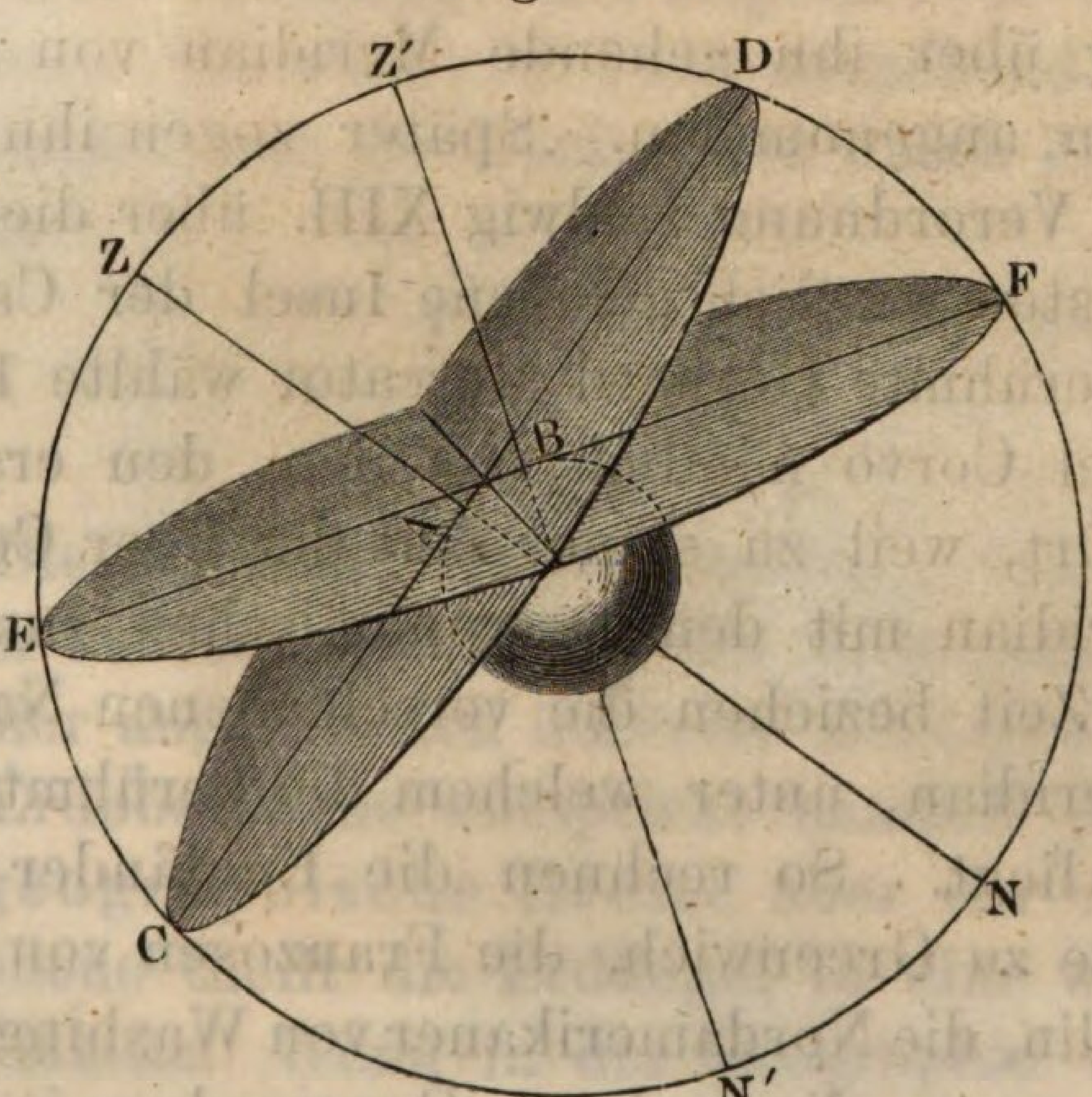
Der als Geograph und Astronom berühmte Alexandriner Claudius Ptolemäus, von welchem schon oben die Rede gewesen ist, nahm den durch die *Canarischen Inseln* gehenden Meridian als den ersten an, und zwar aus dem sehr triftigen Grunde, weil jene Inseln, welche von den Alten die *glücklichen Inseln* genannt wurden, nach Westen hin die äussersten Punkte des damals bekannten Theils der Erdoberfläche waren. Auch in neuerer Zeit ist man bei dieser Bestimmung geblieben, und war nur bestrebt, die Lage des ersten Meridians genauer zu bestimmen. Zu der Zeit als der Pic von Teneriffa noch für den höchsten Berg auf der Erde galt, wurde der über ihn gehende Meridian von den Holländern für den ersten angenommen. Später zogen ihn die Franzosen, in Folge einer Verordnung Ludwig XIII. über die Insel Ferro, als die am meisten westlich gelegene Insel der Canarien. Der als Geograph berühmte Gerhard Mercator wählte 1569 eine der Azoren, die Insel Corvo nämlich, als den, den ersten Meridian bestimmenden Ort, weil zu seiner Zeit der über Corvo gehende magnetische Meridian mit dem astronomischen zusammenfiel. In der neueren Zeit beziehen die verschiedenen Nationen die Länge auf den Meridian, unter welchem die berühmteste Sternwarte ihres Landes liegt. So rechnen die Engländer die Länge von der Sternwarte zu Greenwich, die Franzosen von Paris, die Deutschen von Berlin, die Nordamerikaner von Washington, die Spanier von Cadix u. s. w., die meisten Geographen indess sind noch immer bei der Insel Ferro geblieben. Die Sternwarte zu Paris liegt 20° 16′, die zu Greenwich 17° 56′ östlich von Ferro.

Bei den astronomischen und nautischen Rechnungen zählt man die Länge vom ersten Meridian an einerseits nach Osten, andererseits nach Westen, und zwar in beiden Fällen bis 180° fort. Die Geographen rechnen, der Mehrzahl nach, die Länge nach Osten herum bis zum Anfangspunkt zurück und zählen dieselben bis 360° fort.

Die Durchschnittslinie aller Meridianebenen fällt mit der Erdaxe zusammen, und alle stehen auf der Ebene des Aequators senkrecht. Durch die Linien, in welchen sie die Ebenen des Aequators schneiden, werden daher die Neigungswinkel gebildet, welche je zwei von ihnen einschliessen. Das Maass für diesen Winkel ist mit dem zwischen ihnen liegenden Bogen des Aequators gegeben. Wenn einer dieser Meridiane der erste ist, so heisst jener Neigungswinkel oder auch der Bogen des Aequators, welcher letztern misst, die geographische Länge, ist aber keiner der in Betracht kommenden Meridiane der erste, so nennt man den bezeichneten Winkel oder Bogen den Längenunterschied.

28 Der scheinbare Horizont ist eine Ebene, welche die Oberfläche der Erde an dem Punkte berührt, in welchem sich der Beobachter befindet. Verändert letzterer seinen Standpunkt, so verändert sich auch sein Horizont, wie Fig. 15 zeigt. Der Horizont des Beobachters in A hat die Lage CD und seine Verticale die Lage AZ, für den Punkt B ist die Lage des Horizonts EF, und die Richtung der Verticale BZ'. Sind zwei Punkte auf der Erdoberfläche etwa hundert Fuss von einander entfernt, so beträgt die Neigung der Horizontalfläche des einen gegen die des andern schon etwas mehr als eine Secunde.

Fig. 15.

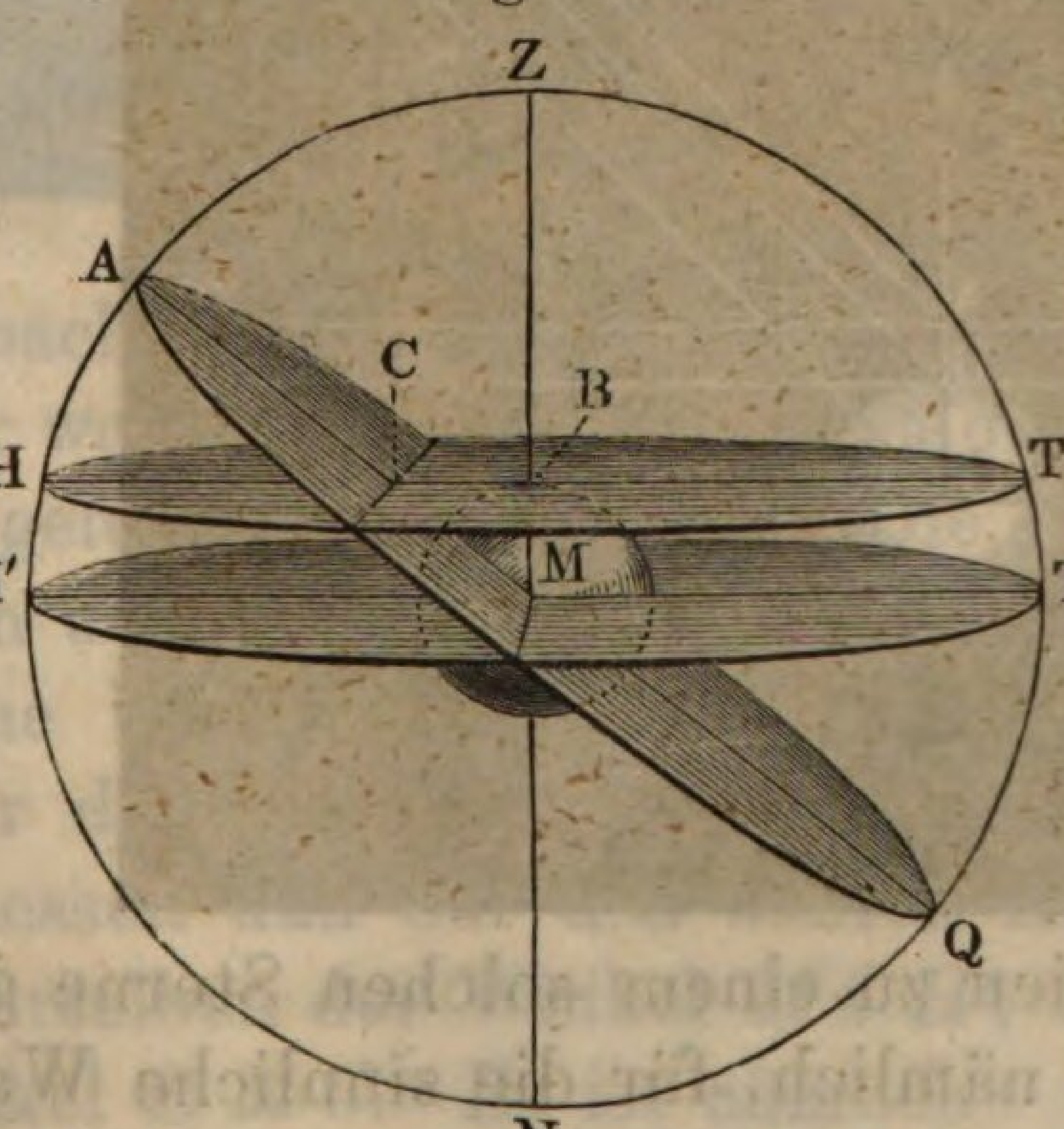


Bezieht man die Lage auf den Horizont und die Verticale von A, so erhält man andere Grössen, als wenn man von dem Horizont und der Verticale von B ausgeht. Aus diesem Grunde ist diese Lagenbestimmung oben als subjectiv bezeichnet. Anders ist es mit der Lagenbestimmung, welche sich auf die als bekannt vorausgesetzte Lage des Aequators und der Weltaxe gründet. In Beziehung auf den Aequator und die Weltaxe haben die Zahlen, durch welche die Lage eines Himmelskörpers bestimmt wird, für alle Beobachter auf der Erdoberfläche gleiche Bedeutung. Dieses ist der Grund, weshalb wir die Lagenbestimmung oben als die objective bezeichnet haben.

Jeder Beobachter ist gezwungen, bei seinen Beobachtungen und Messungen von seinem Horizonte und von seiner Verticale auszugehen. Um dann aber die Grössen, welche er erhalten hat, verwerthen, mit den an einem andern Orte der Erdoberfläche gemachten Messungen vergleichen und durch Combination beider Resultate ableiten zu können, ist unumgänglich nothwendig, die bei den Messungen gefundenen Grössen auf Ebenen und Linien zu beziehen, welche für beide Beobachter gleiche Bedeutung haben. Als solche stellen sich in erster Stelle die Ebene des Aequators und die Weltaxe heraus, auf diese müssen daher die auf den Horizont und die Verticale bezüglichen Beobachtungen reducirt werden.

Die Aequatorialebene denkt man sich durch den Mittelpunkt der Erde gelegt. In demselben Punkte trifft die Weltaxe mit der Ebene des Aequators zusammen, auf denselben Punkt müssen also auch die auf den Horizont und die Verticale bezüglichen Beobachtungen reducirt werden. Denkt man sich den Erdkörper als Kugel, so trifft die Verticale jedes Orts, auf der Erdoberfläche, etwa B (Fig. 16), nach unten gehörig weit verlängert gedacht, mit

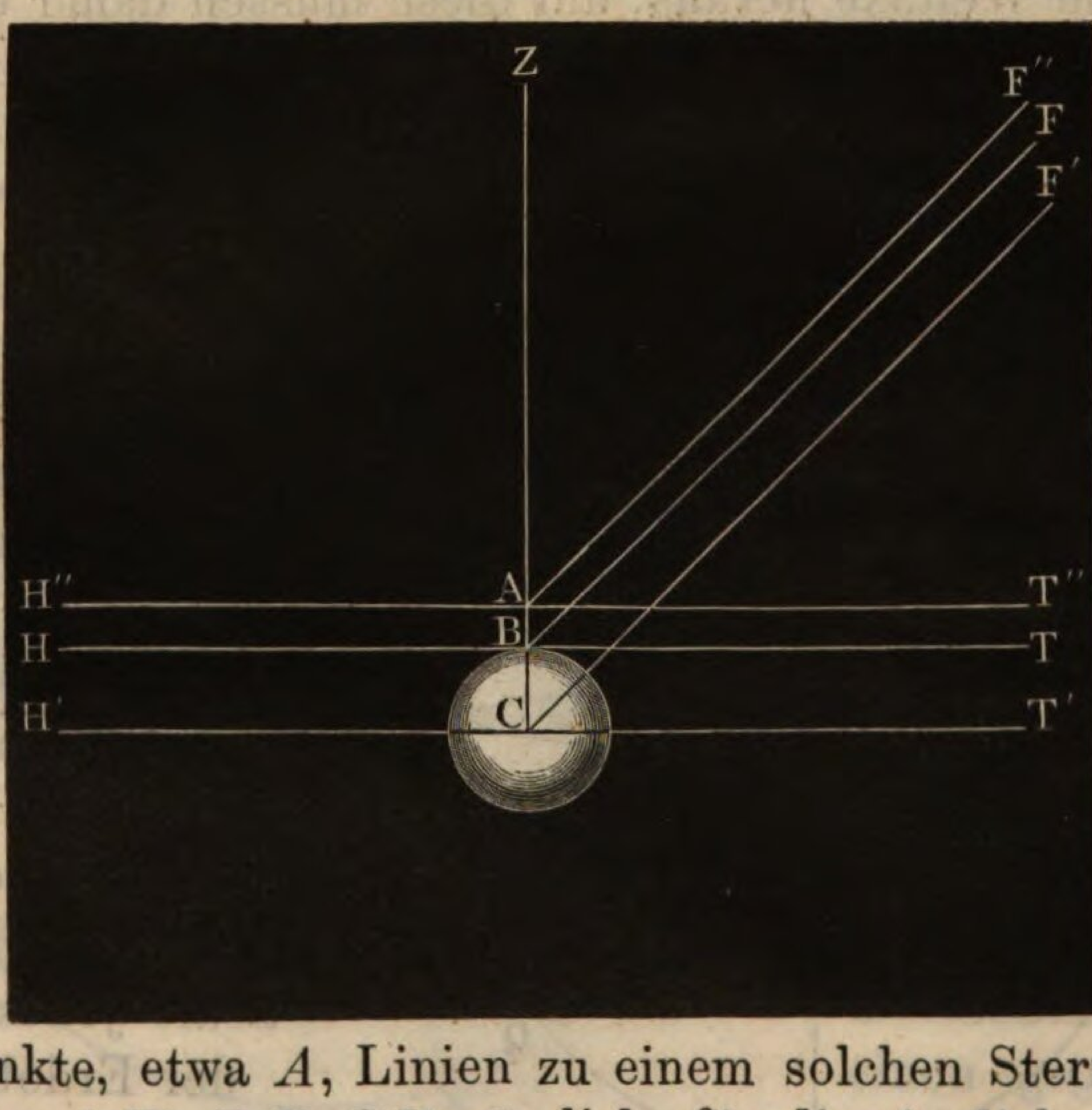
Fig. 16.



jenem Punkte M zusammen. Denkt man sich ferner eine durch den Mittelpunkt der Erde gehende Ebene, auf welcher die Verticallinie des Beobachters senkrecht steht, $H' T'$, so ist diese mit der Ebene des scheinbaren Horizonts des Beobachters $H T$ parallel. Diese Ebene $H' T'$ hat man den wahren Horizont des Beobachters genannt. Diese letztere Ebene giebt nun, insofern der Neigungswinkel, welchen sie mit der Ebene des Aequators einschliesst, d. i. der Winkel $A M H'$ bekannt ist, ein Mittel an die Hand, um die durch Messung gefundene und in Beziehung auf den scheinbaren Horizont ausgedrückte Lage auch in Beziehung auf den Aequator ausdrücken zu können. Bevor angegeben werden kann, wie dieses geschieht, ist erforderlich, dass man sich deutlich macht, ob ein Unterschied hervortritt, wenn man bei Bestimmung der Lage eines Himmelskörpers einmal von dem scheinbaren Horizonte, das andere Mal vom wahren Horizonte ausgeht.

Die Entfernung der Fixsterne von der Erde ist so gross, dass wenn man den Erdhalbmesser damit vergleicht, dieser als verschwindend klein erscheint. Daraus folgt, dass wenn man sich von C, B (Fig. 17), oder auch von einem senkrecht über B lie-

Fig. 17.



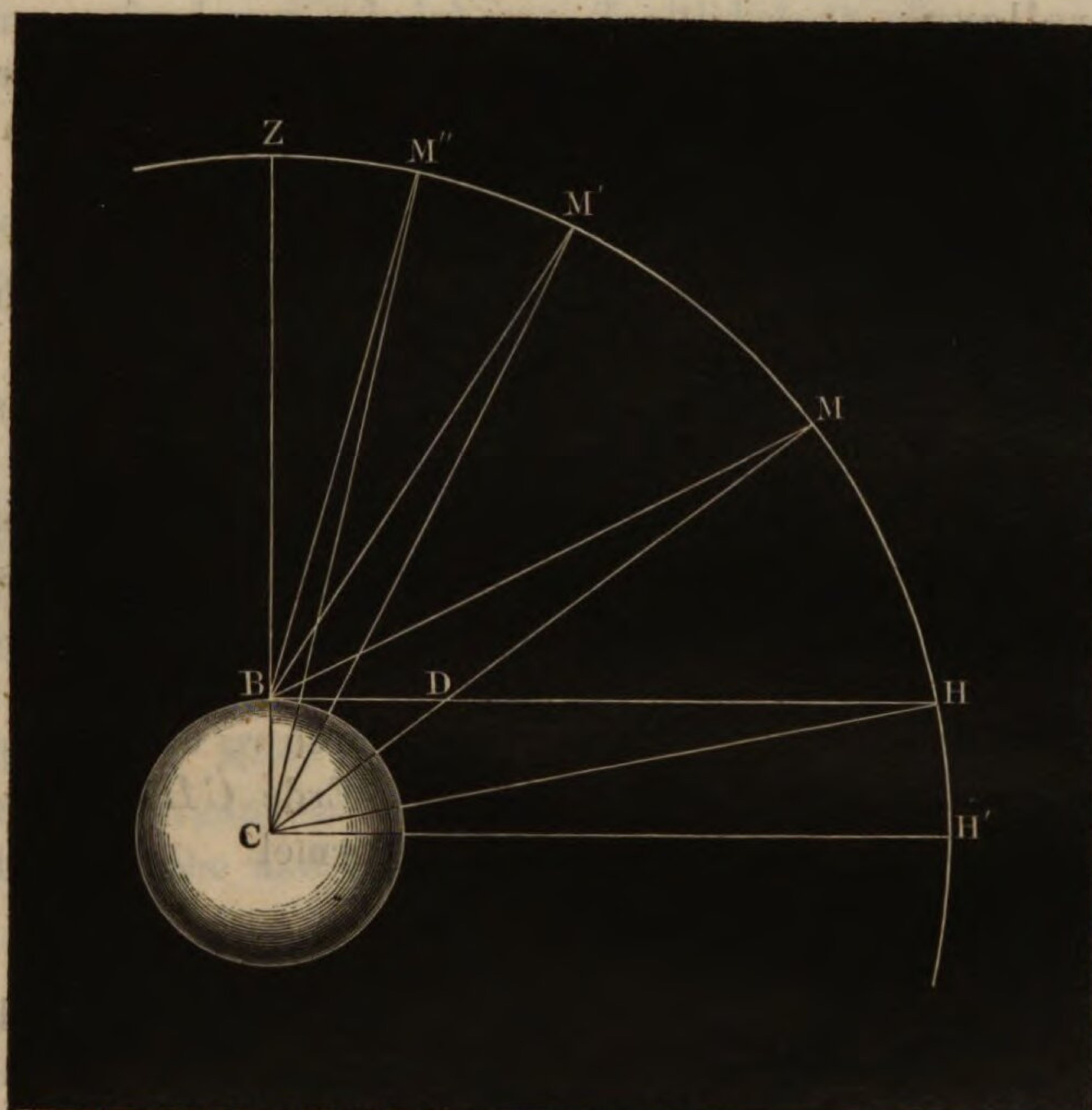
genden Punkte, etwa A, Linien zu einem solchen Sterne gezogen denkt, diese, $A F''$, $B F$, $C F'$ nämlich, für die sinnliche Wahrnehmung als einander parallel erscheinen. Demzufolge bilden letztere aber auch mit den unter sich parallelen Ebenen $H' T'$, $H T$, $H'' T''$

die unter sich gleichen Winkel $F'' A T''$, $F B T$, $F' C H'$ und jeder dieser Winkel ist gleich der Höhe des Gestirns.

Anders verhält es sich bei den Gestirnen, welche keine so grosse Entfernung von der Erde haben, wie dieses der Fall ist bei der Sonne, dem Monde und den Planeten.

Es sei C (Fig. 18) der Mittelpunkt der Erde, B der Ort 29

Fig. 18.



des Beobachters, Z das Zenith, $B D H$ der scheinbare Horizont, $C H'$ der wahre Horizont, M der Mond und $Z M H H'$ ein durch letztern gelegter Verticalkreis. Die Höhe des Mondes von B aus gemessen und auf den scheinbaren Horizont von B bezogen, erhält seine Bestimmung durch den Winkel $M B H$. Denkt man sich aber die Höhe des Mondes M vom Mittelpunkte der Erde aus gemessen und auf den wahren Horizont bezogen, so ist das Maass derselben der Winkel $M C H'$, also grösser, und zwar um den Winkel $B M C$. Es ist nämlich

$$\sphericalangle M C H' = \sphericalangle M D H$$
$$\sphericalangle M D H = \sphericalangle M B D + \sphericalangle B M D,$$

folglich auch

$$\sphericalangle MCH' = \sphericalangle MBD + \sphericalangle BMD.$$

Die Höhe des Mondes auf den scheinbaren Horizont bezogen, d. i. MBH, heisst dann scheinbare Höhe, die auf den wahren Horizont bezogene, d. i. MCH', die wahre Höhe, der Winkel BMC aber, welchen die vom Beobachter in B und vom Mittelpunkte der Erde C aus nach dem Mittelpunkte des Mondes M gezogenen Linien einschliessen, d. i. der Winkel BMC, heisst die Parallaxe.

Bezeichnen wir nun die scheinbare Höhe $= MBH$ durch h, die wahre Höhe $= MCH'$ durch h', die Parallaxe durch p, so ist:

$$h' = h + p, \text{ oder}$$
$$h = h' - p.$$

Wenn somit p bekannt, so ist es leicht, die wahre Höhe aus der scheinbaren zu bestimmen, und umgekehrt.

Die Parallaxe des Mondes beträgt etwa 60 Minuten, sie ist aber veränderlich, und zwar aus doppeltem Grunde.

Erstens verändert sie sich mit der Höhe über dem Horizonte. Im Horizonte ist sie am grössten, mit der Höhe des Mondes über dem Horizonte nimmt sie ab, für den Fall, dass der Mond in den Scheitelpunkt tritt, wird sie 0.

Bezeichnet man den Erdradius CB durch r, und die Entfernung des Mondes vom Mittelpunkte der Erde CH durch d, so wird die Horizontalparallaxe durch die Formel

$$\sin. p = \frac{r}{d}$$

gefunden. Die Horizontalparallaxe ist für jeden Tag im Jahre in den astronomischen und nautischen Jahrbüchern angegeben.

Die Parallaxe für eine beliebige scheinbare Höhe des Mondes erhält man durch die Formel

$$\sin. p = \frac{r}{d} . \cos. h.$$

Es ist $\frac{r}{d}$ die Horizontalparallaxe; bezeichnet man diese durch P, so ist

$$\sin. p = P \cos. h.$$

Die Richtigkeit dieser Formel ergiebt sich aus der Betrachtung des Dreiecks BCM, in welchem

$$\frac{r}{d} = \frac{\sin. p}{\sin. (90 + h)} = \frac{\sin. p}{\cos. h} \text{ ist.}$$

Zweitens verändert sich die Parallaxe des Mondes mit seiner Entfernung vom Mittelpunkte der Erde.

Die Parallaxe der Sonne beträgt nur 7 bis 8 Secunden. Die Parallaxe eines Fixsternes kommt, wie schon oben gesagt ist, als unmessbar klein, nicht in Betracht.

Auch bei der Zenithdistanz (§. 15) muss man die 30
scheinbare ZBM (Figur 18) von der wahren ZCM unterscheiden. Wenn die Parallaxe bekannt ist, so kann aus der durch Messung gefundenen scheinbaren Zenithdistanz die wahre abgeleitet werden. Es ist nämlich

$$\sphericalangle ZBM = \sphericalangle ZCM + \sphericalangle BMC.$$

Bezeichnet man die scheinbare Zenithdistanz ZBM durch z, die wahre ZLM durch z', und die Parallaxe BMC durch p, so ist:

$$z = z' + p \text{ und}$$
$$z' = z - p.$$

Die scheinbare Zenithdistanz erhält man also aus der wahren, wenn man zu letzterer die Parallaxe addirt; die wahre Zenithdistanz findet man, wenn man von der scheinbaren die Parallaxe subtrahirt.

Die wahre Höhe $MCH' = h'$ und die wahre Zenithdistanz $ZCM = z'$ ergänzen einander zu 90^0. Dasselbe ist mit der scheinbaren Höhe und Zenithdistanz der Fall. Man hat also

$$z' + h' = 90^0$$
$$z' = 90^0 - h'$$
$$h' = 90^0 - z'.$$

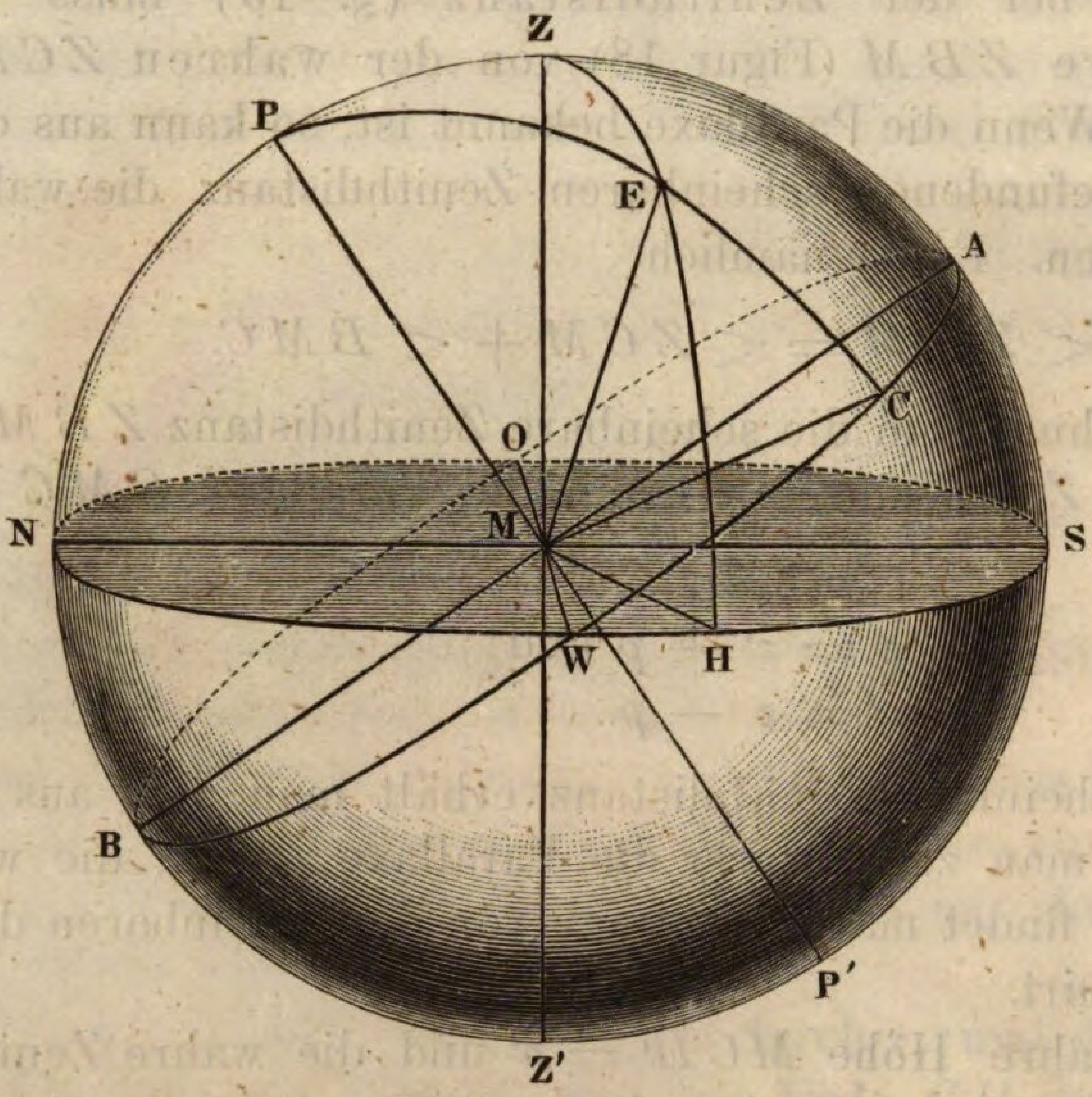
Es sei NS (Fig. 19, a. f. S.) der wahre Horizont, AB 31
der Aequator, Z das Zenith des Beobachters und P der Nordpol; die durch das Zenith, den Pol und den Mittelpunkt der Erde M gelegt gedachte Ebene $AZPNBZ'P'S$ sei die Ebene des Meridians. Letztere steht auf der Linie OW, in welcher sich der Horizont und Aequator schneiden, rechtwinkelig.

Der Bogen AZ ist das Maass für den Winkel ZMA, welchen für den Ort des Beobachters B die Verticallinie mit der Ebene des Aequators macht. Dieser Winkel stimmt mit der geographischen Breite des Orts B überein. Die Breite wird durch nördlich und südlich bezeichnet, je nachdem der Ort nördlich oder südlich vom Aequator liegt.

Die Erdaxe steht senkrecht auf der Ebene des Aequators $AOBW$ folglich ist:

$$AZ + ZP = 90^0,$$

Fig. 19.



demzufolge ist:

$$AZ + ZP = ZP + PN,$$

und folglich auch $AZ = PN$.

NP heisst die Polhöhe; nach Voranstehendem ist die Breite gleich der Polhöhe.

Der Bogen AS, das Maass des Winkels AMS heisst die Aequatorhöhe oder Colatitude.

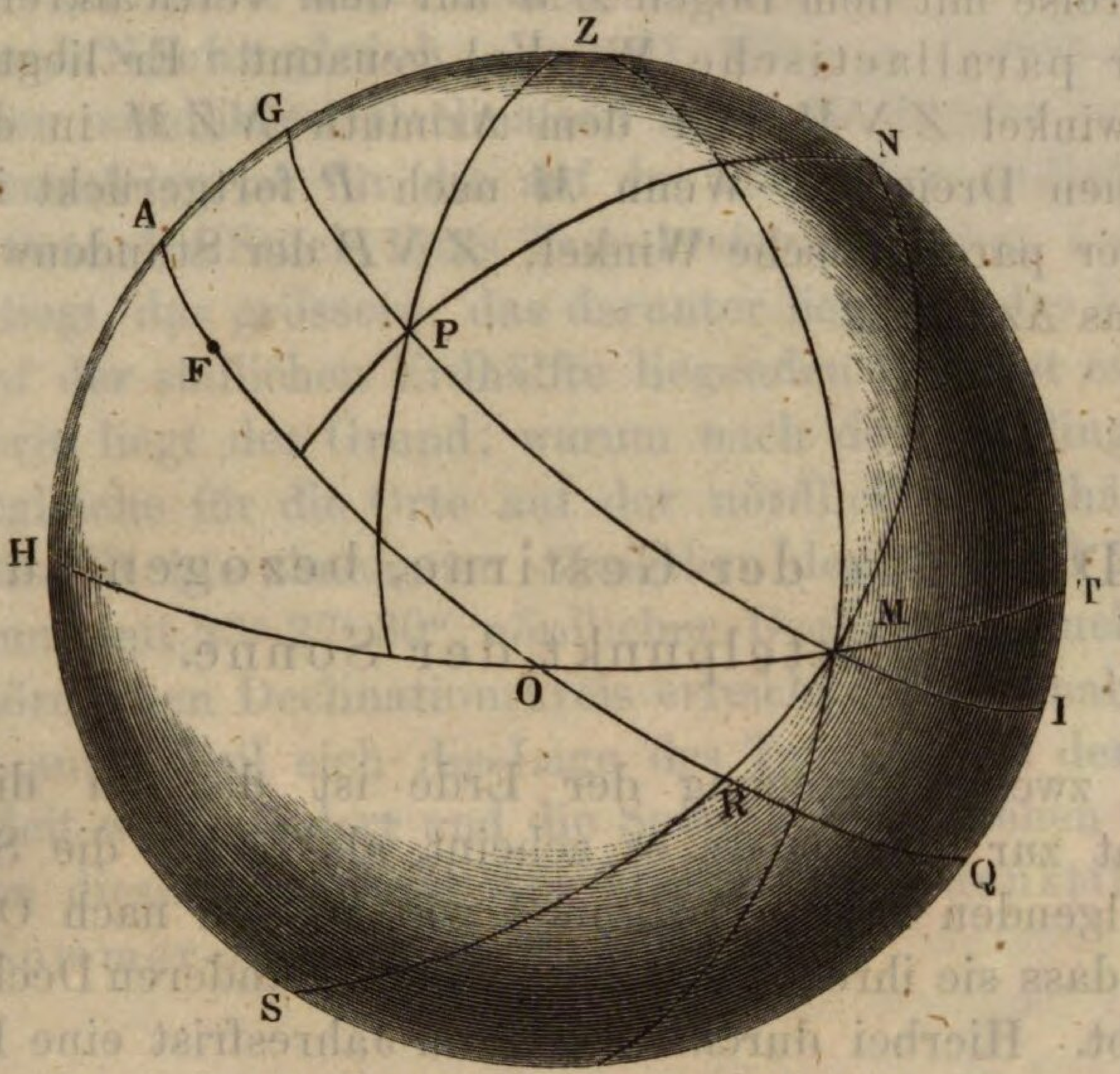
Die Entfernung des Zeniths Z vom Pol P heisst die Polzenithdistanz.

Da $SA + AZ = AZ + ZP = 90$, so ist $SA = ZP$, d. h. die Aequatorhöhe oder Colatitude ist gleich der Polzenithdistanz.

32 Es sei HT (Fig. 20) der Horizont, AQ der Himmelsäquator, F der Frühlingspunkt, N der Nordpol, Z das Zenith, ZM ein Verticalkreis, GJ der Tagkreis, M der Aufgangspunkt eines Gestirns im Horizont, $NMRS$ der Declinationskreis des

Sterns, so ist FR seine gerade Aufsteigung oder Rectascension und RM die Abweichung oder Declination.

Fig. 20.



Bei der Beziehung der scheinbaren Bewegung der Himmelskörper auf den Horizont stellen sich nun ausser den Bogen und Winkeln, von welchen eben die Rede gewesen ist, noch die schräge Aufsteigung, der parallactische Winkel und die Ascensionaldifferenz heraus.

Diese erhalten ihre Bestimmung durch den Punkt des Aequators, welcher sich mit einem Gestirne gleichzeitig im Horizonte befindet. Mit dem Punkte M ist der Punkt O zu derselben Zeit im Horizont, denkt man sich also in M und O zwei Gestirne, so geht das in O befindliche zu gleicher Zeit mit dem in M auf.

Der Bogen des Aequators, welcher zwischen dem Punkte O und dem Frühlingspunkte F liegt, d. i. FO, heisst die schräge Aufsteigung (*Ascensio obliqua*), der Bogen des Aequators aber, welcher zwischen dem Punkte O und dem Punkte R, in welchem der Declinationskreis des Sterns M den Aequator trifft, liegt, d. i. OR, heisst die Ascensionaldifferenz. Offenbar ist $FO + OR = FR$, d. h. die Summe der schrägen Aufsteigung und der Ascensionaldifferenz eines Gestirns ist seiner Geradaufsteigung gleich.

Mit je zwei von diesen Grössen ist folglich auch die dritte gegeben.

Der Winkel *ZMN*, welchen der Bogen *NM* auf dem Declinationskreise mit dem Bogen *ZM* auf dem Verticalkreise macht, wird der parallactische Winkel genannt. Er liegt mit dem Stundenwinkel *ZNM* und dem Azimuth *NZM* in demselben sphärischen Dreiecke. Wenn *M* nach *P* fortgerückt ist, so ist *ZPN* der parallactische Winkel, *ZNP* der Stundenwinkel und *NZP* das Azimuth.

III. Die Lage der Gestirne, bezogen auf den Mittelpunkt der Sonne.

33 Die zweite Bewegung der Erde ist die um die Sonne. Diese hat zur Folge, dass es scheint, als rückte die Sonne mit jedem folgenden Tage am Himmel von Westen nach Osten weiter, und dass sie ihre Tagekreise in immer anderen Declinationen beschreibt. Hierbei durchläuft sie in Jahresfrist eine Reihe von Sternbildern, welche den sogenannten Thierkreis bilden. Diese Sternbilder sind:

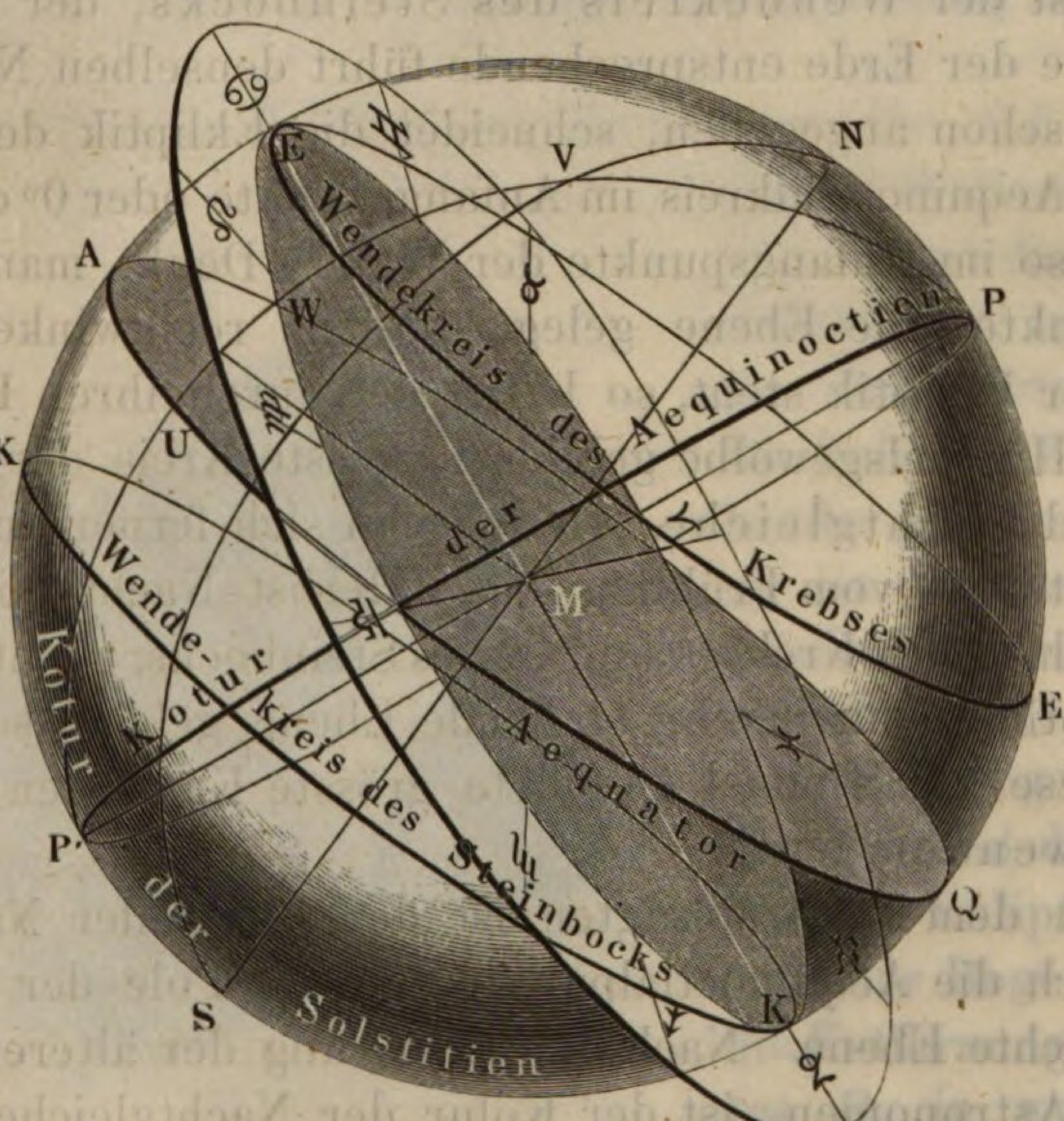
0. Widder ♈	I. Stier ♉
II. Zwillinge ♊	III. Krebs ♋
IV. Löwe ♌	V. Jungfrau ♍
VI. Wage ♎	VII. Skorpion ♏
VIII. Schütze ♐	IX. Steinbock ♑
X. Wassermann ♒	XI. Fische ♓

Denkt man sich durch alle Punkte, welche der Mittelpunkt der Sonne im Laufe eines Jahres scheinbar durchläuft, eine Linie gezogen, so erhält man als scheinbare Sonnenbahn einen grössten Kreis; dieser, *EK*, Figur 21 und 22, heisst die Ekliptik.

34 Im Frühlingsanfange, d. h. zwischen dem 20. und 22. März, befindet sich die Sonne im Aequator. Die Linie, welche sie dann am Himmel bei ihrer scheinbaren täglichen Bewegung beschreibt, stimmt mit dem Himmelsäquator überein. Um diese Linie ungefähr festzustellen, beachte man die Punkte, wo die Sonne am 21. März, oder am 23. September aufgeht, wo sie dann

bei ihrer Culmination am Mittag steht und wo sie untergeht. Für alle Orte, welche auf dem Erdäquator liegen, culminirt die Sonne an den genannten Tagen im Zenith, ihr Tagkreis liegt dann zur Hälfte über, zur Hälfte unter dem Horizonte. Aus diesem Grunde sind Tag und Nacht gleich. Vom 21. März an rücken mit der zunehmenden nördlichen Declination auch die Tagekreise nördlicher. Demzufolge ist für die auf der nördlichen Erdhälfte befindlichen Orte das Stück ihres Tageskreises, welches über dem Horizonte liegt, das grössere, das darunter liegende das kleinere. Für die auf der südlichen Erdhälfte liegenden Orte ist es umgekehrt. Hierin liegt der Grund, warum nach der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche für die Orte auf der nördlichen Erdhälfte die Tage zu-, die Nächte abnehmen. Zwischen dem 20. und 22. Juni hat die Sonne mit 23° 27′ 30″ nördlicher Declination auch ihren grössten nördlichen Declinationskreis erreicht. Die Zunahme der Tage hört auf. Weil sich die Lage des Tageskreises der Sonne um diese Zeit wenig ändert und die Sonne still zu stehen scheint, so hat man diesen Zeitpunkt den Sommer-Sonnenstillstand oder das Sommer-Solstitium genannt.

Fig. 21.



Der Parallelkreis des Himmels, in welchem die Sonne ihren nördlichsten Tagkreis beschreibt, heisst der Wendekreis des Krebses. Denselben Namen führt der Kreis auf der Erdoberfläche, von dessen Punkten aus man die Sonne um die genannte Zeit im Zenith hat. Von nun an nimmt die Declination der Sonne wieder ab, die Tagekreise der Sonne rücken dem Aequator wieder näher, die Tage auf der nördlichen Erde werden kürzer, die auf der südlichen länger. Am 23. September, mit welchem Tage bei uns der Herbst anfängt, ist die Sonne zum Aequator zurückgekehrt, und Tag und Nacht sind einander wieder gleich. Von hier an wird die Declination der Sonne südlich, die Tage werden auf der nördlichen Halbkugel kürzer, auf der südlichen aber länger, als die Nächte. Dieses dauert fort bis zum Winter-Solstitium. Hat endlich zwischen dem 21. und 23. December die Sonne ihre grösste südliche Declination erreicht, so wendet sie sich dem Aequator wieder zu, und dieses dauert so lange, bis sie mit dem Frühlingsanfange zum Aequator zurückgekehrt ist und der beschriebene periodische, das Jahr und die Jahreszeiten bezeichnende Kreislauf von neuem beginnt. Der Parallelkreis am Himmel, mit welchem der südlichste Tagkreis der Sonne zusammenfällt, heisst der Wendekreis des Steinbocks, der ihm auf der Oberfläche der Erde entsprechende führt denselben Namen.

Wie schon angegeben, schneidet die Ekliptik den Aequator oder den Aequinoctialkreis im Anfangspunkte oder 0° des Widders, und ebenso im Anfangspunkte der Wage. Denkt man sich durch diese Punkte eine Ebene gelegt, welche rechtwinkelig auf der Ebene der Ekliptik steht, so heisst der durch ihren Durchschnitt mit dem Himmelsgewölbe gebildete grösste Kreis der Kolur der Tag- und Nachtgleiche. Denkt man sich ferner durch die beiden Punkte, 90° vom Frühlings- und Herbst-Nachtgleichenpunkte, also durch 0° des Krebses und 0° des Steinbocks, ebenfalls eine auf der Ekliptik rechtwinkelig stehende Ebene gelegt, so heisst der durch diese am Himmel gebildete grösste Kreis der Kolur der Sonnenwenden.

Nach dem eben Gesagten ist der Kolur der Nachtgleichen eine durch die Aequinoctialpunkte und die Pole der Ekliptik gelegt gedachte Ebene. Nach der Erklärung der älteren und vieler neueren Astronomen, ist der Kolur der Nachtgleichen der durch die Aequinoctialpunkte und die Weltpole gehende Kreis. Unsere Erklärung des Kolurs der Aequinoctien ist zuerst von dem als

Beobachter und Denker immer das Richtige treffenden La Caille aufgestellt. Denkt man sich den Kolur der Aequinoctien durch die Nachtgleichenpunkte und die Pole der Ekliptik gelegt, so theilt er, auf dem Kolur der Solstitien und zugleich auf der Ekliptik rechtwinkelig stehend, mit letzteren das Himmelsgewölbe in acht sphärische Octanten und darin besteht seine Bedeutung. Wir finden somit als einander entsprechend:

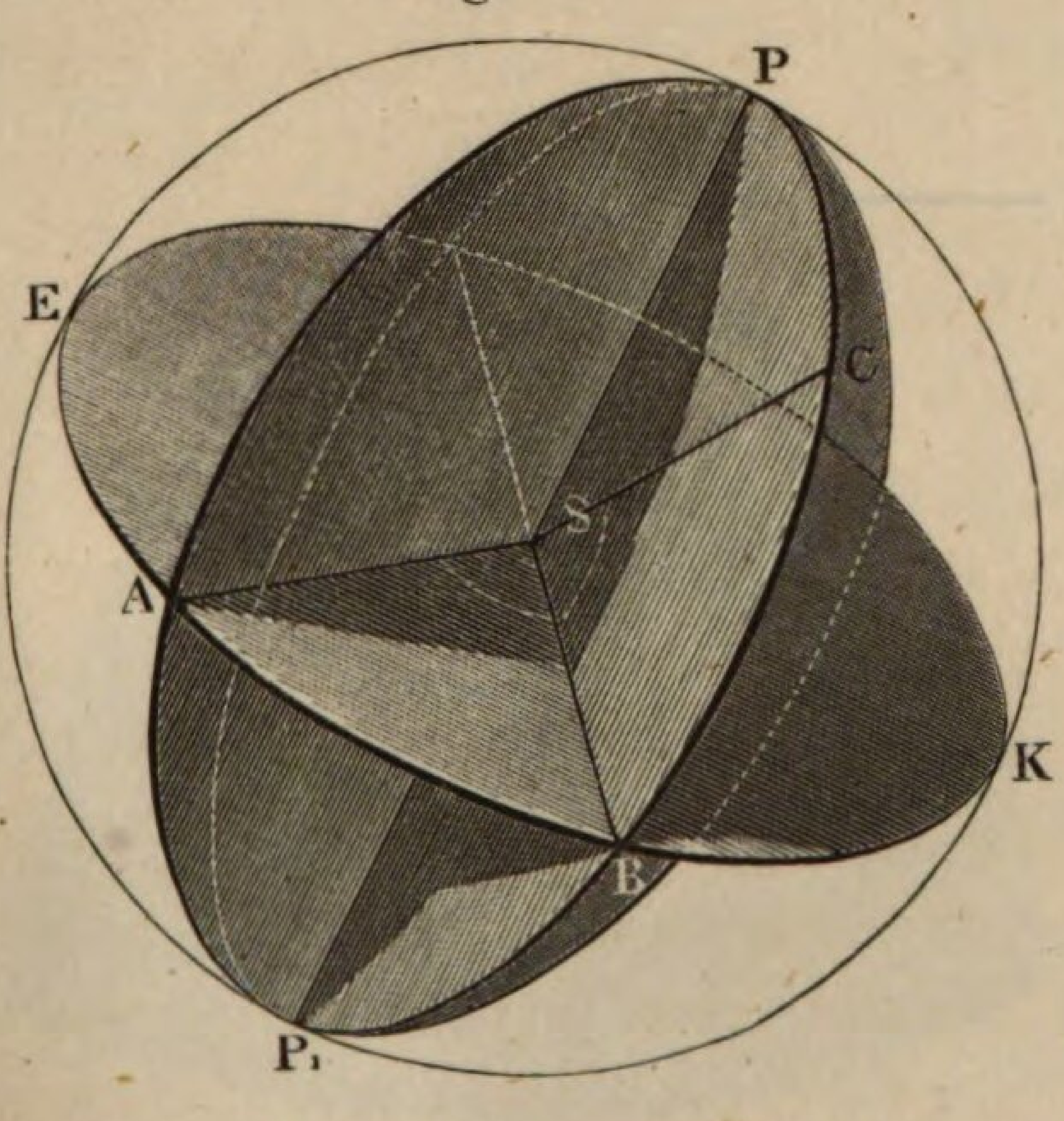
Horizont	Aequator	Ekliptik,
Meridian	Meridian	Kolur der Solstitien,
Erster Vertical	Sechsuhrkreis	Kolur der Aequinoctien.

Die Ebene der Ekliptik denken wir uns durch den Mit- 35
telpunkt der Sonne gelegt, durch sie wird das Himmelsgewölbe ebenfalls in zwei gleiche Theile getheilt. Ein im Mittelpunkte der Sonne auf der Ebene der Ekliptik errichtet gedachtes Loth, heisst die Axe der Ekliptik, die Punkte aber, in welchen letztere, gehörig verlängert gedacht, das Himmelsgewölbe trifft, die Pole der Ekliptik.

Die Lage der Gestirne lässt sich nun auch dadurch be- 36
stimmen, dass man von der Ekliptik, oder deren Polen ausgeht. Diese Lagenbestimmung ist namentlich in Beziehung auf die Planeten üblich.

Wenn $EPKP'$ (Fig. 22) das Himmelsgewölbe, EK die Ekliptik, PP' die Axe letzterer, C ein beliebiger Himmelskörper und PCP' der durch letzteren und die Pole der Ekliptik gehende grösste Kreis ist, so ist die Lage von C offenbar bestimmt, wenn bekannt sind:

Fig. 22.



1) Der Bogen CB, d. i. der Abstand des Gestirns von der Ekliptik.

2) der Bogen AB, d. i. die Entfernung des Punktes B, in welchem der Kreis PCP' die Ekliptik schneidet, von einem der Lage nach als bekannt angenommenen

Punkte A. Zum Anfangspunkte A wird hier ebenfalls der Frühlings- oder Aequinoctialpunkt angenommen. Der Bogen AB, welcher die Entfernung des Kreises PBP' von A angiebt oder der Winkel ASB, welchen derselbe mit dem Kolur der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche einschliesst, heisst die Länge des Gestirns C. Der Bogen CB, den Abstand von C, von der Ekliptik ausdrückend, heisst die Breite, ein durch C parallel mit der Ekliptik gelegt gedachter Kreis aber ein Breitenkreis. Der Bogen BC, die Breite, ist ein Theil des Längenkreises PCP'.

37 Die Ekliptik EK (Fig. 21, s. S. 33) schneidet die Ebene des Aequators AQ unter einem Winkel von 23° 27′ 30″ (die Secunden ändern sich). Dieser Winkel EMA heisst die Schiefe der Ekliptik.

Der Winkel, welchen der durch das Gestirn V gehende Declinationskreis NVS mit dem Längenkreise $PVWP'$ macht, d. i. der Winkel NVP, heisst der Positionswinkel.

Zweites Buch.

Die Formeln

der sphärischen Trigonometrie

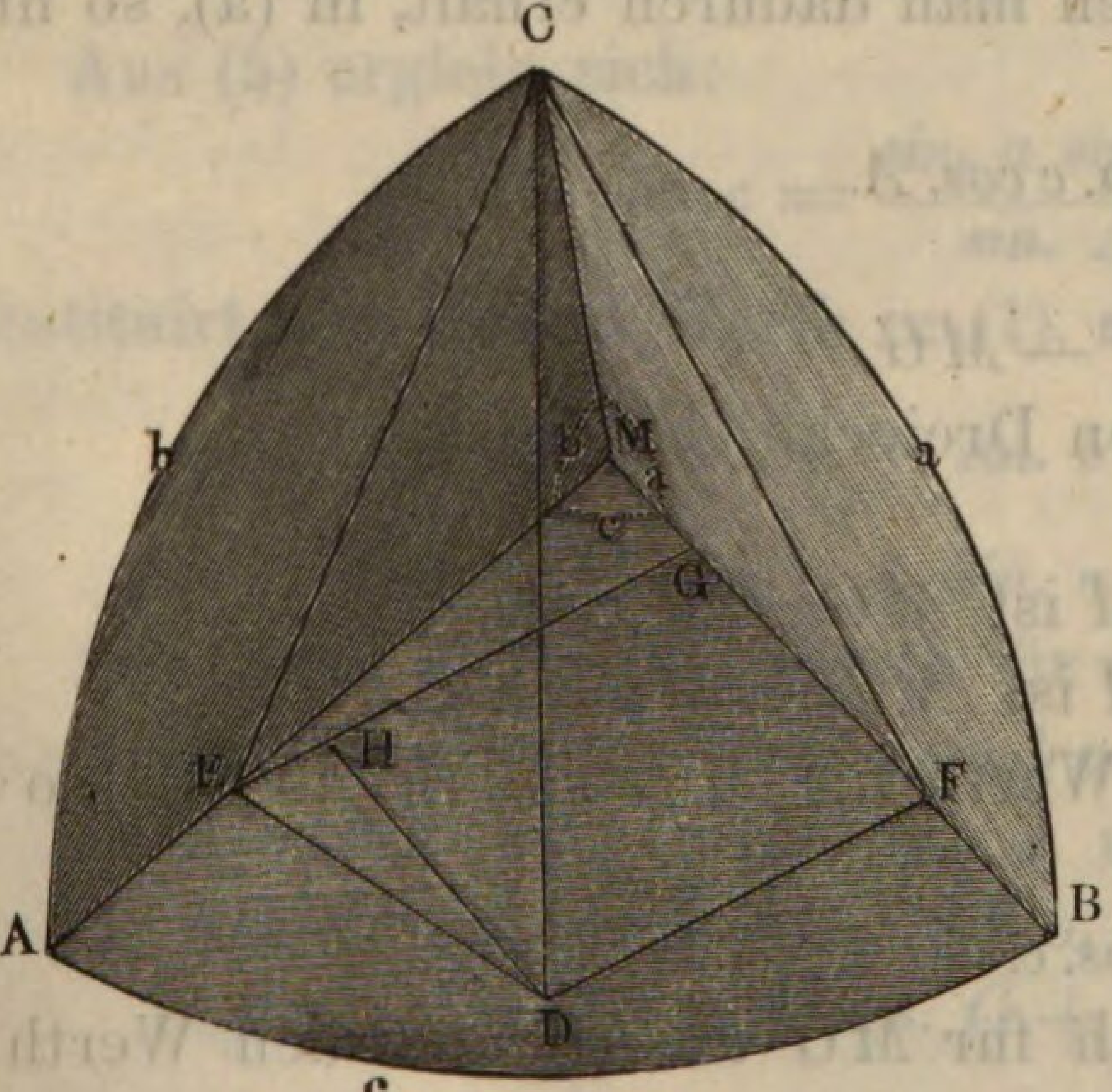
und der

sphärischen Astronomie.

I. Entwickelung der Formeln der sphärischen Trigonometrie.

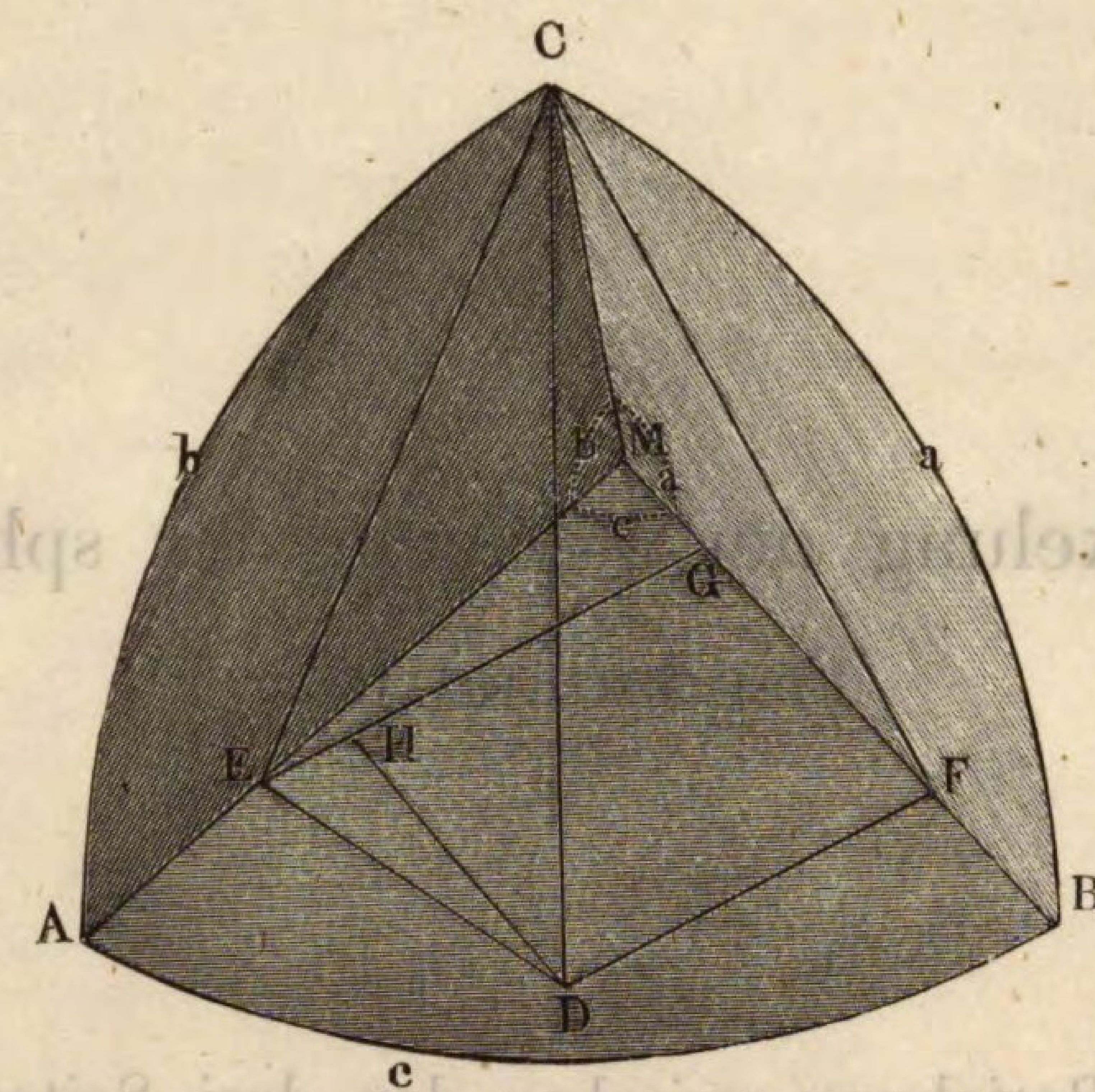
Wenn die Beziehung zwischen den drei Seiten und einem 38
Winkel eines sphärischen Dreiecks, so wie zwischen zwei Seiten und den ihnen gegenüberstehenden Winkeln abgeleitet und durch Formeln festgestellt ist, so ergeben sich daraus alle übrige Gleichungen, auf welche sich die Auflösung der Aufgaben der astronomischen und nautischen Geographie gründet. Die Gleichung zwischen den drei Seiten a, b, c und dem Winkel A des sphärischen Dreiecks ABC (Fig. 23) ergiebt sich, wenn man in der dem Dreiecke zugehörigen körperlichen Ecke $ABCM$ von C aus auf die Ebene AMB das Loth CD, von D, dem Fusspunkte dieses Loths, aber auf die Kanten MA und MB die Lothe DE und DF fällt, dann C mit E und F durch Gerade verbindet, und schliesslich EG parallel mit

Fig. 23.



FD, DH aber parallel mit MB zieht. Ist dieses ausgeführt, so liegen die rechtwinkeligen Dreiecke CDE, CDF, CEM, CFM, DHE und EGM vor.

Fig. 24.



Aus diesen ergiebt sich:

$HD = ED \sin. c,$ (a)

$ED = CE \cos. A,$ (b)

$CE = MC \sin. b.$ (c)

Substituirt man nun den Werth für CE aus (c) in (b), und den Werth für ED, welchen man dadurch erhält, in (a), so findet man, dass:

$HD = MC \sin. b \sin. c \cos. A.$ (d)

Es ist ferner:

$HD = GF = MF - MG.$ (e)

In dem rechtwinkeligen Dreiecke CFM ist

$MF = MC \cos. a,$ (f)

im Dreiecke EGM ist $MG = ME \cos. c,$ (g)

im Dreiecke CEM ist $ME = MC \cos. b.$ (h)

Substituirt man den Werth für ME aus (h) in (g), so findet man:

$MG = MC \cos. b \cos. c,$ (i)

setzt man dann den Werth für MG aus (i) und den Werth für MF aus (f) in (e), so findet man:

$HD = MC \cos. a - MC \cos. b \cos. c.$ (k)

Durch Gleichsetzung der in (k) und (d) enthaltenen Werthe für HD ergiebt sich:

$$MC \sin. b \sin. c \cos. A = MC \cos. a - MC \cos. b \cos. c.$$

Die gesuchte Gleichung ist folglich:

$$\cos. a = \cos. b \cos. c + \sin. b \sin. c \cos. A. \tag{1}$$

Durch Vertauschung der Buchstaben erhält man aus dieser:

$$\cos. b = \cos. a \cos. c + \sin. a \sin. c \cos. B, \tag{2}$$

$$\cos. c = \cos. a \cos. b + \sin. a \sin. b \cos. C. \tag{3}$$

In den rechtwinkeligen Dreiecken CDE und CEM (Figur 39
24) ist:

$$CD = CE \sin. A, \tag{a}$$

$$CE = CM \sin. b, \text{ folglich auch} \tag{b}$$

$$CD = CM \sin. b \sin. A. \tag{c}$$

Ferner ist in den Dreiecken CDF und CFM:

$$CD = CF \sin. B, \tag{d}$$

$$CF = CM \sin. a, \text{ demzufolge ist} \tag{e}$$

$$CD = CM \sin. a \sin. B. \tag{f}$$

Durch Combination der Werthe für CD in (f) und (c) erhält man:

$$CM \sin. b \sin. A = CM \sin. a \sin. B.$$

Folglich hat man:

$$\sin. a \sin. B = \sin. b \sin. A. \tag{4}$$

Durch Vertauschung der Buchstaben erhält man:

$$\sin. a \sin. C = \sin. c \sin. A, \tag{5}$$

$$\sin. b \sin. C = \sin. c \sin. B. \tag{6}$$

Aus (5) ergiebt sich: 40

$$\sin. c = \frac{\sin. a \sin. C}{\sin. A},$$

substituirt man diesen Werth in (1), so erhält man:

$$\cos. a = \cos. b \cos. c + \sin. b \frac{\sin. a \sin. C \cos. A}{\sin. A}$$

$$= \cos. b \cos. c + \sin. a \sin. b \sin. C \operatorname{cotg}. A.$$

Setzt man hierin den Werth für $\cos. c$ aus (3), so findet man:

$$\cos. a = \cos. b^2 \cos. a + \cos. b \sin. a \sin. b \cos. C + \sin. a \sin. b \sin. C \operatorname{cotg}. A.$$

Transponirt man $\cos. b^2 \cos. a$ und dividirt dann alle Glieder der Gleichung durch $\sin. a \sin. b$, so erhält man:

$$\operatorname{cotg}. a \sin. b = \cos. b \cos. C + \sin. C \operatorname{cotg}. A. \tag{7}$$

Durch Vertauschung der Buchstaben findet man dann aber, dass auch:

$$cotg.\ b\ sin.\ a = cos.\ a\ cos.\ C + sin.\ C\ cotg.\ B. \quad (8)$$
$$cotg.\ a\ sin.\ c = cos.\ c\ cos.\ B + sin.\ B\ cotg.\ A, \quad (9)$$
$$cotg.\ c\ sin.\ a = cos.\ a\ cos.\ B + sin.\ B\ cotg.\ C, \quad (10)$$
$$cotg.\ b\ sin.\ c = cos.\ c\ cos.\ A + sin.\ A\ cotg.\ B, \quad (11)$$
$$cotg.\ c\ sin.\ b = cos.\ b\ cos.\ A + sin.\ A\ cotg.\ C. \quad (12)$$

Es ist aber:

$$cotg.\ a\ sin.\ b = cos.\ a\ \frac{sin.\ b}{sin.\ a} = cos.\ a\ \frac{sin.\ B}{sin.\ A},$$
$$cotg.\ b\ sin.\ a = cos.\ b\ \frac{sin.\ a}{sin.\ b} = cos.\ b\ \frac{sin.\ A}{sin.\ B}.$$

Durch Substitution dieser Werthe in (7) und (8) erhält man:

$$cos.\ a\ sin.\ B = cos.\ b\ sin.\ A\ cos.\ C + cos.\ A\ sin.\ C,$$
$$cos.\ b\ sin.\ A = cos.\ a\ sin.\ B\ cos.\ C + cos.\ B\ sin.\ C.$$

Substituirt man den Werth für $cos.\ b\ sin.\ A$ aus dieser letzten Gleichung in die voranstehende, so erhält man:

$$cos.\ a\ sin.\ B = cos.\ a\ sin.\ B\ cos.\ C^2 + cos.\ B\ sin.\ C\ cos.\ C + cos.\ A\ sin.\ C,$$

und wenn man $cos.\ a\ sin.\ B\ cos.\ C^2$ auf die andere Seite hinüberschafft, und dann $1 - cos.\ C^2 = sin.\ C^2$ setzt, und durch $sin.\ C$ dividirt, so kommt:

$$cos.\ a\ sin.\ B\ sin.\ C = cos.\ B\ cos.\ C + cos.\ A.$$
$$cos.\ A = -\ cos.\ B\ cos.\ C + sin.\ B\ sin.\ C\ cos.\ a \quad (13)$$

durch Vertauschung der Buchstaben:

$$cos.\ B = -\ cos.\ A\ cos.\ C + sin.\ A\ sin.\ C\ cos.\ b, \quad (14)$$
$$cos.\ C = -\ cos.\ A\ cos.\ B + sin.\ A\ sin.\ B\ cos.\ c. \quad (15)$$

Uebrigens folgen diese Formeln auch aus (1), (2), (3), wenn man aus den in ihnen enthaltenen Werthen die für das dem gegebenen Dreiecke entsprechende Supplementardreieck ableitet.

41 Die Formeln, welche den Zusammenhang unter den Bestandtheilen des rechtwinkeligen, sphärischen Dreiecks ausdrücken, folgen aus den voranstehenden Formeln auf einfache Weise, wenn man in ihnen einen der drei Winkel, etwa $A, = 90^0$ setzt. Ist letzteres der Fall, so erhält man:

aus (1) $cos.\ a = cos.\ b\ cos.\ c,$ (16)

„ (4) $sin.\ b = sin.\ a\ sin.\ B,$ (17)

„ (5) $sin.\ c = sin.\ a\ sin.\ C,$ (18)

„ (7) $tg.\ b = tg.\ a\ cos.\ C,$ (19)

„ (9) $tg.\ c = tg.\ a\ cos.\ B,$ (20)

„ (11) $tg.\ b = sin.\ c\ tg.\ B,$ (21)

aus (12) $tg.\, c = sin.\, b\ tg.\, C,$ (22)
„ (13) $cos.\, a = cotg.\, B\ cotg.\, C,$ (23)
„ (14) $cos.\, B = sin.\, C\ cos.\, b,$ (24)
„ (15) $cos.\, C = sin.\, B\ cos.\, c.$ (25)

Von diesen zehn Gleichungen sind sechs specifisch verschieden.

Die bekannten Relationen: 42

$$sin.\,(a \pm b) = sin.\, a\ cos.\, b \pm cos.\, a\ sin.\, b, \quad (1)$$

$$cos.\,(a \pm b) = cos.\, a\ cos.\, b \mp sin.\, a\ sin.\, b, \quad (2)$$

$$sin.\, a + sin.\, b = 2\ sin.\, {}^1/_2\,(a + b)\ cos.\, {}^1/_2\,(a - b), \quad (3)$$

$$sin.\, a - sin.\, b = 2\ cos.\, {}^1/_2\,(a + b)\ sin.\, {}^1/_2\,(a - b), \quad (4)$$

$$cos.\, a + cos.\, b = 2\ cos.\, {}^1/_2\,(a + b)\ cos.\, {}^1/_2\,(a - b), \quad (5)$$

$$cos.\, a - cos.\, b = 2\ sin.\, {}^1/_2\,(b - a)\ sin.\, {}^1/_2\,(b + a), \quad (6)$$

$$cos\ {}^1/_2\, a = \sqrt{\frac{1 + cos.\, a}{2}}, \quad (7)$$

$$sin.\ {}^1/_2\, a = \sqrt{\frac{1 - cos.\, a}{2}} \quad (8)$$

dienen, um die obigen Formeln umzugestalten, zusammenzuziehen und zur Berechnung mit Logarithmen brauchbar zu machen.

Ausser den voranstehenden Formeln kommen dann noch die 43
Neper'schen Analogien:

$$tg.\ {}^1/_2\,(b - c) = tg.\ {}^1/_2\, a\ \frac{sin.\ {}^1/_2\,(B - C)}{sin.\ {}^1/_2\,(B + C)}, \quad (26)$$

$$tg.\ {}^1/_2\,(b + c) = tg.\ {}^1/_2\, a\ \frac{cos.\ {}^1/_2\,(B - C)}{cos.\ {}^1/_2\,(B + C)} \quad (27)$$

$$tg.\ {}^1/_2\,(B - C) = cotg.\ {}^1/_2\, A\ \frac{sin.\ {}^1/_2\,(b - c)}{sin.\ {}^1/_2\,(b + c)} \quad (28)$$

$$tg.\ {}^1/_2\,(B + C) = cotg.\ {}^1/_2\, A\ \frac{cos.\ {}^1/_2\,(b - c)}{cos.\ {}^1/_2\,(b + c)} \quad (29)$$

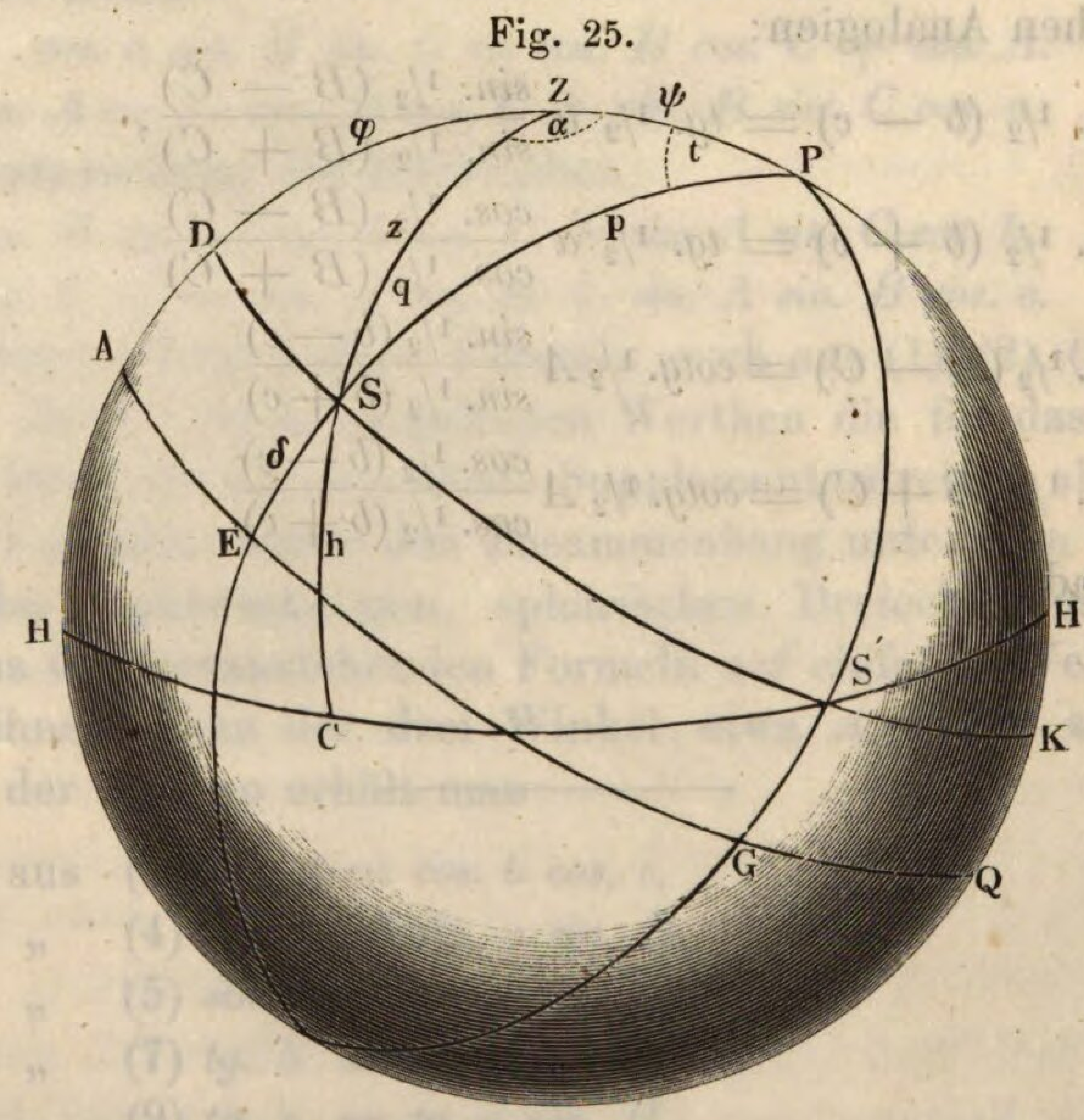
zur Anwendung.

II. Die Formeln der sphärischen Astronomie.

1. Die trigonometrische Beziehung unter den Polarcoordinaten, welche den Ort eines Gestirns bestimmen.

44 Die Auflösung der Aufgaben, von welchen im Folgenden gehandelt wird, durch Rechnung, oder Verzeichnung (Construction), gründen sich auf die Formel, welche den Zusammenhang unter den Bestandtheilen des sphärischen Dreiecks ausdrückt, von dessen drei Eckpunkten der eine mit dem Pole des Aequators, *P* (Fig. 25), der zweite mit dem Zenith des Beobachters, *Z*, der dritte

Fig. 25.



aber mit dem Orte des Gestirns, S, zusammenfällt. Da die Auflösung der meisten Aufgaben, welche dem Piloten vorkommen, auf dieses Dreieck sich gründet, so nennt man es auch wohl das nautische Dreieck. Ein Blick auf die Figur 25 zeigt, dass die Seite PZ die Polhöhe PH', oder die Breite AZ zu 90^0 ergänzt; ferner ist PS die Ergänzung der Declination ES, und SZ die der Höhe des Gestirns SC zu 90^0.

Im Folgenden bezeichnet:

φ die geographische Breite oder die Polhöhe des Orts der Beobachtung, d. i. AZ oder PH',

δ die Declination des Gestirns $ES = AD = GS' = QK$,

z die Zenithdistanz des letztern ZS,

h seine Höhe SC,

t den Stundenwinkel ZPS. Dieser letztere wird auf der nördlichen Hälfte der Erde, von der obern Culmination ausgehend, von Süden durch Westen bis 360^0 gezählt.

A ist das Zeichen für das von Norden aus über Osten durch Süden, bis 360^0 gezählte Azimuth,

a hingegen bezeichnet das von Süden über Westen durch Norden gerechnete Azimuth,

q ist der parallactische Winkel PSZ, unter welchem sich der durch das Gestirn gelegt gedachte Declinationskreis PSE und der Verticalkreis desselben ZSC einander schneiden. Dieser wird immer kleiner als 180^0 angenommen.

Es soll ferner durch:

ψ der Bogen $PZ = 90^0 - \varphi$, d. i. die Aequatorhöhe oder Colatitude, durch:

p der Bogen $PS = 90^0 - \delta$ oder die Polardistanz, und durch

z der Bogen $ZS = 90^0 - h$ oder die Zenithdistanz bezeichnet werden.

Wenn das Gestirn im Westen steht, so ist:

Winkel $PSZ = q$,

„ $ZPS = t$,

„ $PZS = 360^0 - A = 180^0 - a$,

wenn es aber im Osten steht, so ist:

Winkel $PSZ = q$,

„ $ZPS = 360^0 - t$,

„ $PZS = A = a - 180^0$.

Setzt man in die Formeln (1) bis (6) (§. 38 und 39) für 45

a, b, c und A, von den voranstehend aufgeführten die, welche ihnen entsprechen, so erhält man:

$$cos.\ z = cos.\ \psi\ cos.\ p + sin.\ \psi\ sin.\ p\ cos.\ t, \quad (1)$$
$$cos.\ p = cos.\ \psi\ cos.\ z + sin.\ \psi\ sin.\ z\ cos.\ a, \quad (2)$$
$$cos.\ \psi = cos.\ p\ cos.\ z + sin.\ p\ sin.\ z\ cos.\ q, \quad (3)$$
$$sin.\ z : sin.\ p = sin.\ t : sin.\ a, \quad (4)$$
$$sin.\ p : sin.\ \psi = sin.\ a : sin.\ q, \quad (5)$$
$$sin.\ \psi : sin.\ z = sin.\ q : sin.\ t. \quad (6)$$

Setzt man aber die Complemente, so ergiebt sich, dass

$$sin.\ h = sin.\ \varphi\ sin.\ \delta + cos.\ \varphi\ cos.\ \delta\ cos.\ t, \quad (1^a)$$
$$sin.\ \delta = sin.\ \varphi\ sin.\ h + cos.\ \varphi\ cos.\ h\ cos.\ a, \quad (2^a)$$
$$sin.\ \varphi = sin.\ \delta\ sin.\ h + cos.\ \delta\ cos.\ h\ cos.\ q, \quad (3^a)$$
$$cos.\ h : cos.\ \delta = sin.\ t : sin.\ a, \quad (4^a)$$
$$cos.\ \delta : cos.\ \varphi = sin.\ a : sin.\ q, \quad (5^a)$$
$$cos.\ \varphi : cos.\ h = sin.\ q : sin.\ t. \quad (6^a)$$

Die Formeln, von welchen man bei der Auflösung der Aufgaben der astronomischen Geographie ausgeht, folgen aus den voranstehenden. Bei Umformung dieser letzteren kommt es vorzugsweise darauf an, sie in solcher Form darzustellen, dass die gesuchte Grösse aus den bekannten und gegebenen entweder durch Construction, oder durch Rechnung schnell und sicher abgeleitet werden kann.

2. Formeln zur Bestimmung der Höhe der Sonne, wenn sie sich im Sechsuhrkreise befindet.

46 Wenn sich die Sonne im Sechsuhrkreise befindet, so ist der Stundenwinkel $t = 6^h = 90^0$. Weil $cos.\ 90^0 = 0$, so verschwindet das zweite Glied in (1^a). Man erhält folglich als Formel für die Höhe eines Gestirns im Sechsuhrkreise:

$$sin.\ h = sin.\ \varphi\ sin.\ \delta.$$

Setzt man diesen Werth für $sin.\ h$ in die aus (2^a) folgende Gleichung:

$$cos.\ \varphi\ cos.\ h\ cos.\ a = sin.\ \delta \quad sin.\ \varphi\ sin.\ h,$$

so nimmt diese die Gestalt an:

$$cos.\ \varphi\ cos.\ h\ cos.\ a = sin.\ \delta - sin.\ \varphi^2\ sin.\ \delta,$$
$$= sin.\ \delta\ (1 - sin.\ \varphi^2),$$
$$= sin.\ \delta\ cos.\ \varphi^2,$$
$$cos.\ h\ cos.\ a = sin.\ \delta\ cos.\ \varphi.$$

Unter der Voraussetzung, dass $t = 90^0$ ist, wird $sin.\ t = 1$ und man erhält aus (4^a):

$$cos.\ h\ sin.\ a = cos.\ \delta,$$

dividirt man die vorhergehende Gleichung durch diese, so erhält man als Formel für das Azimuth eines Gestirns im Sechsuhrkreise

$$cotg.\ a = tg.\ \delta\ cos\ \varphi$$
$$= tg.\ \delta\ sin.\ \psi.$$

3. Zeit und Höhe, wenn sich ein Gestirn im ersten Vertical befindet.

Wenn sich hingegen ein Gestirn im ersten Vertical befindet, 47
so wird das Azimuth desselben $= 90^0$ und folglich $cos. a = cos. 90^0 = 0$. In diesem Falle nimmt die Gleichung (2^a) die einfache Gestalt an

$$sin.\ \delta = sin.\ \varphi\ sin.\ h.$$

Demnach erhält man die Höhe eines Gestirns im ersten Vertical durch die Formel:

$$sin. h = \frac{sin.\ \delta}{sin.\ \varphi}.$$

Substituirt man diesen Werth für $sin.\ h$ in die aus (1^a) folgende Formel:

$$cos.\ \varphi\ cos.\ \delta\ cos.\ t = sin.\ h - sin.\ \varphi\ sin.\ \delta,$$

so erhält man:

$$cos.\ \varphi\ cos.\ \delta\ cos.\ t = \frac{sin.\ \delta}{sin.\ \varphi} - sin.\ \varphi\ sin.\ \delta$$
$$= \frac{sin.\ \delta\ (1 - sin.\ \varphi^2)}{sin.\ \varphi}$$
$$= \frac{sin.\ \delta\ cos.\ \varphi^2}{sin.\ \varphi}.$$

Durch gehörige Vereinfachung der hier vorliegenden Gleichung folgt als Formel für den Stundenwinkel eines Gestirns im ersten Vertical:

$$cos.\ t = tg.\ \delta\ cotg.\ \varphi, \text{ oder}$$
$$cos.\ t = tg.\ \delta\ tg.\ \psi.$$

4. Auf- und Untergang der Gestirne.

48 Die Formeln, mittelst welcher die Zeit des Auf- und Unterganges eines Gestirns, so wie seine Amplitude α bestimmt werden, ergeben sich aus (1^a) und (2^a). Für den angegebenen Zeitpunkt ist $h = 0$, folglich $\sin. h = 0$ und $\cos. h = 1$, demzufolge nimmt (2^a) die Form

$$\sin. \delta = \cos. \varphi \cos. a$$

an. Daraus folgt:

$$\cos. a = \frac{\sin. \delta}{\cos. \varphi} = \frac{\sin. \delta}{\sin. \psi}$$

oder, weil die Amplitude $\alpha = 90 - a$:

$$\sin. \alpha = \frac{\sin. \delta}{\sin. \psi}.$$

Die Formel (1^a) nimmt aber unter der Voraussetzung, dass $h = 0$, die Gestalt an:

$$0 = \sin. \varphi \sin \delta + \cos. \varphi \cos. \delta \cos. t, \qquad \text{(a)}$$

woraus als Formel für den halben Tagbogen folgt:

$$\cos. t = - tg. \varphi\, tg. \delta.$$

Bezeichnet man die Ascensionaldifferenz durch d, so ist auch, weil $t = 90 \pm d$

$$\sin. d = - tg. \varphi\, tg. \delta.$$

Wenn Breite und Declination gleichnamig sind, so ist $t > 90^0$ und $\cos. t$ bleibt negativ, sind sie ungleichnamig, so ist $t < 90^0$ und $\cos. t$ wird positiv. Der Winkel t kann alle Werthe von 0^0 bis 180^0 annehmen; für die Fälle, wo er durch den Cosinus nicht scharf genug bestimmt werden kann, bedient man sich einer der folgenden Formeln.

Es ist $\cos. t = 1 - 2 \sin. {}^1/_2 t^2$, setzt man diesen Werth für $\cos. t$ in die oben mit (a) bezeichnete Gleichung, so erhält man nach Auflösung der Klammer:

$$0 = \sin. \varphi \sin. \delta + \cos. \varphi \cos. \delta - 2 \cos. \varphi \cos. \delta \sin. {}^1/_2 t^2,$$

$$0 = \cos. (\varphi - \delta) - 2 \cos. \varphi \cos. \delta \sin. {}^1/_2 t^2,$$

$$2 \sin. {}^1/_2 t^2 = \frac{\cos. (\varphi - \delta)}{\cos. \varphi \cos. \delta} \qquad \text{(b)}$$

$$sin.\ vers.\ t = \frac{cos.\ (\varphi - \delta)}{cos.\ \varphi\ cos.\ \delta}, \qquad (c$$

$$sin.\ vers.\ t = \frac{sin.\ (\psi + \delta)}{cos.\ \varphi\ cos.\ \delta}. \qquad (d)$$

Wenn man aber in (a) für $cos.\ t$ den ihm gleichen Werth $2\ cos.\ {}^1/_2\, t^2 - 1$ setzt, so erhält man:

$$0 = sin.\ \varphi\ sin.\ \delta + 2\ cos.\ \varphi\ cos.\ \delta\ cos.\ {}^1/_2\, t^2 - cos.\ \varphi\ cos.\ \delta,$$

$$0 = 2\ cos.\ \varphi\ cos.\ \delta\ cos.\ {}^1/_2\, t^2 - cos.\ (\varphi + \delta),$$

$$2\ cos.\ {}^1/_2\, t^2 = \frac{cos.\ (\varphi + \delta)}{cos.\ \varphi\ cos.\ \delta}, \qquad (e)$$

dividirt man (b) durch (e), so folgt:

$$tg.\ {}^1/_2\, t^2 = \frac{cos.\ (\varphi - \delta)}{cos.\ (\varphi + \delta)},$$

$$tg.\ {}^1/_2\, t = \sqrt{\frac{cos.\ (\varphi - \delta)}{cos.\ (\varphi + \delta)}}. \qquad (f)$$

Wenn Declination und Breite ungleichnamig sind, so nimmt diese Formel die Gestalt an:

$$tg.\ {}^1/_2\, t = \sqrt{\frac{cos.\ (\varphi + \delta)}{cos.\ (\varphi - \delta)}}, \qquad (g)$$

t bezeichnet hier immer den halben Tagbogen oder die Zeit des Auf- und Unterganges vom Mittage.

5. Formeln zur Bestimmung des Stundenwinkels

Aus der Formel (1[a]), §. 45: 49

$sin.\ h = sin.\ \varphi\ sin.\ \delta + cos.\ \varphi\ cos.\ \delta\ cos.\ t$ folgt:

$$cos.\ t = \frac{sin.\ h - sin.\ \varphi\ sin.\ \delta}{cos.\ \varphi\ cos.\ \delta}.$$

Setzt man in die Formel (1[a]), §. 45, $cos.\ t = 1 - 2\ sin.\ {}^1/_2\, t^2$, 50
so erhält man:

$$sin.\ h = sin.\ \varphi\ sin.\ \delta + cos.\ \varphi\ cos.\ \delta - 2\ cos.\ \varphi\ cos.\ \delta\ sin.\ {}^1/_2\, t^2$$
$$= cos.\ (\varphi \mp \delta) - 2\ cos.\ \varphi\ cos.\ \delta\ sin.\ {}^1/_2\, t^2.$$

Daraus ergiebt sich dann aber:

$$2\ cos.\ \varphi\ cos.\ \delta\ sin.\ {}^1/_2\, t^2 = cos.\ (\varphi \mp \delta) - sin.\ h$$
$$= cos.\ vers.\ h - sin.\ vers.\ (\varphi \mp \delta).$$

Bezeichnet man die Meridionalhöhe $90^0 - (\varphi \mp \delta)$ durch H und die Meridional-Zenithdistanz durch Z, so ist auch:

$$2 \cos.\varphi \cos.\delta \sin.{}^1/_2 t^2 = \sin.H - \sin.h$$
$$= \cos.Z - \cos.z.$$

Nach §. 42 (4) und (6) ist:

$$\sin.H - \sin.h = 2 \cos.{}^1/_2 (H + h) \sin.{}^1/_2 (H - h),$$
$$\cos.Z - \cos.z = 2 \sin.{}^1/_2 (z + Z) \sin.{}^1/_2 (z - Z).$$

Es ist daher:

$$2 \sin.{}^1/_2 t^2 = \frac{\cos.(\varphi \mp \delta) - \sin.h}{\cos.\varphi \cos.\delta}, \quad (1)$$

$$= \frac{suvers.^{*)} (\varphi \mp \delta) - suvers.z}{\cos.\varphi \cos.\delta}, \quad (2)$$

$$= \frac{\cos.vers.h - \sin.vers.(\varphi \mp \delta)}{\cos.\varphi \cos.\delta}, \quad (3)$$

$$= \frac{2 \cos.{}^1/_2 (H + h) \sin.{}^1/_2 (H - h)}{\cos.\varphi \cos.\delta}, \quad (4)$$

$$= \frac{2 \sin.{}^1/_2 (z + Z) \sin.{}^1/_2 (z - Z)}{\cos.\varphi \cos.\delta}. \quad (5)$$

Für $2 \sin.{}^1/_2 t^2$ kann man auch setzen $1 - \cos.t = \sin.vers.t$ = Steigezeit.

Setzt man $2 \sin.{}^1/_2 t^2 = \sin.vers.t$ und $\cos.(\varphi - \delta) = \sin.(\psi + \delta)$, so wird aus (1):

$$\sin.vers.t = \frac{\sin.(\psi + \delta) - \sin.h}{\cos.\varphi \cos.\delta}. \quad (6)$$

*) Unter *suvers.* ist der Supplements-Sinusversus zu verstehen, d. h. $suvers.z = suppl.\sin.vers.z = \sin.vers.(180^0 - z)$.

51 Die Formel (1^a) §. 45 nimmt, wenn man in dieselbe für die Declination die Poldistanz einführt und zugleich $\cos.t = 1 - 2 \sin.{}^1/_2 t^2$ setzt, die folgenden Gestalten an:

$$\sin.h = \sin.\varphi \cos.p + \cos.\varphi \sin.p (1 - 2 \sin.{}^1/_2 t^2)$$
$$= \sin.\varphi \cos.p + \cos.\varphi \sin.p - 2 \cos.\varphi \sin.p \sin.{}^1/_2 t^2$$
$$= \sin.(\varphi + p) - 2 \cos.\varphi \sin.p \sin.{}^1/_2 t^2,$$

folglich ist:

$$2 \cos.\varphi \sin.p \sin.{}^1/_2 t^2 = \sin.(\varphi + p) - \sin.h$$
$$= 2 \cos.{}^1/_2 (\varphi + p + h) \sin.{}^1/_2 (\varphi + p - h).$$

Setzt man aber in jene Gleichung (1^a) $\cos.t = 2 \cos.{}^1/_2 t^2 - 1$, so erhält man:

$$\sin.h = \sin.\varphi \cos.p + \cos.\varphi \sin.p (2 \cos.{}^1/_2 t^2 - 1)$$
$$= \sin.\varphi \cos.p + 2 \cos.\varphi \sin.p \cos.{}^1/_2 t^2 - \cos.\varphi \sin.p$$
$$= \sin.(\varphi - p) + 2 \cos.\varphi \sin.p \cos.{}^1/_2 t^2.$$

Diesem zufolge ist:

$$2\,cos.\,\varphi\;sin.\,p\;cos.\,{}^1\!/_2\,t^2 = sin.\,h - sin.\,(\varphi - p)$$
$$= 2\,cos.\,{}^1\!/_2\,(h+\varphi-p)\;sin.\,{}^1\!/_2\,(h+p-\varphi).$$

Wird ${}^1\!/_2\,(\varphi+p+h) = s$ gesetzt, so ergeben sich aus den 52
voranstehenden Formeln die folgenden:

$$2\,sin.\,{}^1\!/_2\,t^2 = \frac{sin.\,(\varphi + p) - sin.\,h}{cos.\,\varphi\;sin.\,p}, \tag{1}$$

$$sin.\,{}^1\!/_2\,t = \sqrt{\frac{cos.\,s\;sin.\,(s - h)}{cos.\,\varphi\;sin.\,p}}, \tag{2}$$

$$2\,cos.\,{}^1\!/_2\,t^2 = \sqrt{\frac{sin.\,h - sin.\,(\varphi - p)}{cos.\,\varphi\;sin.\,p}}, \tag{3}$$

$$cos.\,{}^1\!/_2\,t = \sqrt{\frac{cos.\,(s - p)\;sin.\,(s - \varphi)}{cos.\,\varphi\;sin.\,p}}, \tag{4}$$

durch Division von (2) durch (4) erhält man:

$$tg.\,{}^1\!/_2\,t = \sqrt{\frac{cos.\,s\;sin.\,(s - h)}{cos.\,(s - p)\;sin.\,(s - \varphi)}}. \tag{5}$$

Wenn man in die Gleichung (1), §. 45, für $cos.\,t = 1 - 2\,sin.\,{}^1\!/_2\,t^2$ 53
setzt und den alsdann vorliegenden Ausdruck

$$cos.\,z = cos.\,\psi\;cos.\,p + sin.\,\psi\;sin.\,p\;(1 - 2\,sin.\,{}^1\!/_2\,t^2)$$

auflöst, so erhält man:

$$cos.\,z = cos.\,(\psi - p) - 2\,sin.\,\psi\;sin.\,p\;sin.\,{}^1\!/_2\,t^2,$$
$$2\,sin.\,\psi\;sin.\,p\;sin.\,{}^1\!/_2\,t^2 = cos.\,(\psi - p) - cos.\,z$$
$$= 2\,sin.\,{}^1\!/_2\,(z+\psi-p)\;sin.\,{}^1\!/_2\,(z+p-\psi).$$

Setzt man aber für $cos.\,t = 2\,cos.\,{}^1\!/_2\,t^2 - 1$, so erhält man:

$$2\,sin.\,\psi\;sin.\,p\;cos.\,{}^1\!/_2\,t^2 = cos.\,z - cos.\,(\psi + p)$$
$$= 2\,sin.\,{}^1\!/_2\,(\psi+p+z)\;sin.\,(\psi+p-z).$$

Aus den Formeln des voranstehenden Paragraphen ergeben 54
sich die folgenden, in welchen ${}^1\!/_2\,(\psi+p+z) = s$ gesetzt ist.

$$2\,sin.\,{}^1\!/_2\,t^2 = \frac{cos.\,(\psi - p) - cos.\,z}{sin.\,\psi\;sin.\,p}, \tag{1}$$

$$sin.\,vers.\,t = \frac{sin.\,vers.\,(\psi - p) - suvers.\,z}{sin.\,\psi\;sin.\,p}, \tag{2}$$

$$sin.\,{}^1\!/_2\,t = \sqrt{\frac{sin.\,(s - p)\;sin.\,(s - \psi)}{sin.\,\psi\;sin.\,p}}, \tag{3}$$

$$2\,cos.\,{}^1\!/_2\,t^2 = \frac{cos.\,z - cos.\,(\psi + p)}{sin.\,\psi\;sin.\,p}, \tag{4}$$

$$suvers.\,t = \frac{suvers.\,z - suvers.\,(\psi + p)}{sin.\,\psi\;sin.\,p}, \tag{5}$$

$$cos.\,{}^1/_2\,t = \sqrt{\frac{sin.\,s\;sin.\,(s - z)}{sin.\,\psi\;sin.\,p}}, \tag{6}$$

$$tg.\,{}^1/_2\,t = \sqrt{\frac{sin.\,(s - p)\;sin.\,(s - \psi)}{sin.\,s\;sin.\,(s - z)}}. \tag{7}$$

6. Formeln zur Bestimmung des Azimuths.

55 Aus $sin.\,\delta = sin.\,\varphi\;sin.\,h + cos.\,\varphi\;cos.\,h\;cos.\,a$ folgt zuvörderst:

$$cos.\,a = \frac{sin.\,\delta - sin.\,\varphi\;sin.\,h}{cos.\,\varphi\;cos.\,h}.$$

56 Setzt man $cos.\,a = 1 - 2\,sin.\,{}^1/_2\,a^2$, so erhält man:

$$\begin{aligned} sin.\,\delta &= sin.\,\varphi\;sin.\,h + cos.\,\varphi\;cos.\,h\;(1 - 2\,sin.\,{}^1/_2\,a^2) \\ &= sin.\,\varphi\;sin.\,h + cos.\,\varphi\;cos.\,h - 2\,cos.\,\varphi\;cos.\,h\;sin.\,{}^1/_2\,a^2 \\ &= cos.\,(\varphi - h) - 2\,cos.\,\varphi\;cos.\,h\;sin.\,{}^1/_2\,a^2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2\,cos.\,\varphi\;cos.\,h\;sin.\,{}^1/_2\,a^2 &= cos.\,(\varphi - h) - sin.\,\delta \\ &= cos.\,(\varphi - h) - cos.\,p \\ &= suvers.\,(\varphi - h) - suvers.\,p \\ &= sin.\,vers.\,p - sin.\,vers.\,(\varphi - h) \\ &= 2\,sin.\,{}^1/_2\,(p + \varphi - h)\,sin.\,{}^1/_2\,(p + h - \varphi). \end{aligned}$$

57 Setzt man $cos.\,a = 2\,cos.\,{}^1/_2\,a^2 - 1$, so stellen sich durch Entwickelung des dann vorliegenden Ausdrucks folgende Formeln heraus:

$$\begin{aligned} sin.\,\delta &= sin.\,\varphi\;sin.\,h + cos.\,\varphi\;cos.\,h\;(2\,cos.\,{}^1/_2\,a^2 - 1) \\ &= sin.\,\varphi\;sin.\,h + 2\,cos.\,\varphi\;cos.\,h\;cos.\,{}^1/_2\,a^2 - cos.\,\varphi\;cos.\,h \\ &= 2\,cos.\,\varphi\;cos.\,h\;cos.\,{}^1/_2\,a^2 - cos.\,(\varphi + h). \end{aligned}$$

$$2\,cos.\,\varphi\;cos.\,h\;cos.\,{}^1/_2\,a^2 = sin.\,\delta + cos.\,(\varphi + h) \tag{1}$$

$$= cos.\,p + cos.\,(\varphi + h) \tag{2}$$

$$= suvers.\,p - sin.\,vers.\,(\varphi + h) \tag{3}$$

$$= suvers.\,(\varphi + h) - sin.\,vers.\,p \tag{4}$$

$$= 2\,sin.\,{}^1/_2\,(\varphi + h + p)\,sin.\,{}^1/_2\,(\varphi + h - p). \tag{5}$$

58 Setzt man einerseits $2\,sin.\,{}^1/_2\,a^2 = sin.\,vers.\,a$, oder $2\,cos.\,{}^1/_2\,a^2 = suvers.\,a$, andererseits ${}^1/_2\,(\varphi + h + p) = s$, so folgt aus den voranstehenden Formeln:

$$sin.\,vers.\,a = \frac{cos.\,(\varphi - h) - sin.\,\delta}{cos.\,\varphi\;cos.\,h}, \tag{1}$$

$$sin.\,vers.\,a = \frac{cos.\,(\varphi - h) - cos.\,p}{cos.\,\varphi\;cos.\,h}, \tag{2}$$

$$sin.\,vers.\,a = \frac{suvers.\,(\varphi - h) - suvers.\,p}{cos.\,\varphi\; cos.\,h}, \qquad (3)$$

$$sin.\,vers.\,a = \frac{sin.\,vers.\,p - sin.\,vers.\,(\varphi - h)}{cos.\,\varphi\; cos.\,h}, \qquad (4)$$

$$suvers.\,a = \frac{sin.\,\delta + cos.\,(\varphi + h)}{cos.\,\varphi\; cos.\,h}, \qquad (5)$$

$$suvers.\,a = \frac{cos.\,p + cos.\,(\varphi + h)}{cos.\,\varphi\; cos.\,h}, \qquad (6)$$

$$suvers.\,a = \frac{suvers.\,p - sin.\,vers.\,(\varphi + h)}{cos.\,\varphi\; cos.\,h}, \qquad (7)$$

$$suvers.\,a = \frac{suvers.\,(\varphi + h) - sin.\,vers.\,p}{cos.\,\varphi\; cos.\,h}, \qquad (8)$$

$$sin.\,{}^1\!/_2\,a = \sqrt{\frac{sin.\,(s - h)\; sin.\,(s - \varphi)}{cos.\,\varphi\; cos.\,h}}, \qquad (9)$$

$$cos.\,{}^1\!/_2\,a = \sqrt{\frac{sin.\,s\; sin.\,(s - p)}{cos.\,\varphi\; cos.\,h}}, \qquad (10)$$

$$tg.\,{}^1\!/_2\,a = \sqrt{\frac{sin.\,(s - h)\; sin.\,(s - \varphi)}{sin.\,s\; sin.\,(s - p)}}. \qquad (11)$$

Setzt man in die Formel (2^a), §. 45, für $sin.\,\varphi$ das ihm Gleiche 59
$cos.\,\psi$, für $cos.\,a$ aber $1 - 2\,sin.\,{}^1\!/_2\,a^2$, so erhält man durch Entwickelung des Ausdrucks:

$$\begin{aligned} sin\,\delta &= cos.\,\psi\; sin.\,h + sin.\,\psi\; cos.\,h\,(1 - 2\,sin.\,{}^1\!/_2\,a^2) \\ &= cos.\,\psi\; sin.\,h + sin.\,\psi\; cos.\,h - 2\,sin.\,\psi\; cos.\,h\; sin.\,{}^1\!/_2\,a^2 \\ &= sin.\,(\psi + h) - 2\,sin.\,\psi\; cos.\,h\; sin.\,{}^1\!/_2\,a^2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2\,sin.\,\psi\; cos.\,h\; sin.\,{}^1\!/_2\,a^2 &= sin.\,(\psi + h) - sin.\,\delta \\ &= 2\,cos.\,{}^1\!/_2\,(\psi + h + \delta)\; sin.\,{}^1\!/_2\,(\psi + h - \delta). \end{aligned}$$

Ferner erhält man, wenn man $cos.\,a = 2\,cos.\,{}^1\!/_2\,a^2 - 1$ setzt:

$$\begin{aligned} sin.\,\delta &= cos.\,\psi\; sin.\,h + sin.\,\psi\; cos.\,h\,(2\,cos.\,{}^1\!/_2\,a^2 - 1) \\ &= cos.\,\psi\; sin.\,h + 2\,sin.\,\psi\; cos.\,h\; cos.\,{}^1\!/_2\,a^2 - sin.\,\psi\; cos.\,h \\ &= 2\,sin.\,\psi\; cos.\,h\; cos.\,{}^1\!/_2\,a^2 - sin.\,(\psi - h) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2\,sin.\,\psi\; cos.\,h\; cos.\,{}^1\!/_2\,a^2 &= sin.\,\delta + sin.\,(\psi - h) \\ &= 2\,sin.\,{}^1\!/_2\,(\delta + \psi - h)\; cos.\,{}^1\!/_2\,(\delta + h - \psi). \end{aligned}$$

Aus diesen Gleichungen ergiebt sich, wenn man $2\,sin.\,{}^1\!/_2\,a^2 = sin.\,vers.\,a$; $2\,cos.\,{}^1\!/_2\,a^2 = suvers.\,a$ und ${}^1\!/_2\,(\psi + h + \delta) = s$ setzt:

$$sin.\,vers.\,a = \frac{sin.\,(\psi + h) - sin.\,\delta}{sin.\,\psi\; cos.\,h}, \qquad (1)$$

$$suvers.\,a = \frac{sin.\,\delta + sin.\,(\psi - h)}{sin.\,\psi\; cos.\,h}, \qquad (2)$$

$$sin.\ {}^1/_2\, a = \sqrt{\frac{cos.\, s\ sin.\, (s - \delta)}{sin.\, \psi\ cos.\, h}}, \qquad (3)$$

$$cos.\ {}^1/_2\, a = \sqrt{\frac{sin.\, (s - h)\ cos.\, (s - \psi)}{sin.\, \psi\ cos.\, h}}, \qquad (4)$$

$$tg.\ {}^1/_2\, a = \sqrt{\frac{cos.\, s\ sin.\, (s - \delta)}{sin.\, (s - h)\ cos.\, (s - \psi)}}. \qquad (5)$$

60 Setzt man in die Formel (2), §. 45, für $cos.\, a$ einmal $1 - sin.\ {}^1/_2\, a^2$, andererseits $2\ cos.\ {}^1/_2\, a^2 - 1$, so führt dieses zu folgenden Ausdrücken:

$$\begin{aligned} cos.\, p &= cos.\, \psi\ cos.\, z + sin.\, \psi\ sin.\, z\ (1 - 2\, sin.\ {}^1/_2\, a^2) \\ &= cos.\, \psi\ cos.\, z + sin.\, \psi\ sin.\, z - 2\, sin.\, \psi\ sin.\, z\ sin.\ {}^1/_2\, a^2 \\ &= cos.\, (\psi - z) - 2\, sin.\, \psi\ sin.\, z\ sin.\ {}^1/_2\, a^2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2\, sin.\, \psi\ sin.\, z\ sin.\ {}^1/_2\, a^2 &= cos.\, (\psi - z) - cos.\, p \\ &= sin.\, vers.\, p - sin.\, vers.\, (\psi - z) \\ &= 2\, sin.\ {}^1/_2\, (p + \psi - z)\ sin.\ {}^1/_2\, (p + z - \psi). \end{aligned}$$

Ferner:

$$\begin{aligned} cos.\, p &= cos.\, \psi\ cos.\, z + sin.\, \psi\ sin.\, z\ (2\, cos.\ {}^1/_2\, a^2 - 1) \\ &= cos.\, \psi\ cos.\, z + 2\, sin.\, \psi\ sin.\, z\ cos.\ {}^1/_2\, a^2 - sin.\, \psi\ sin.\, z \\ &= cos.\, (\psi + z) + 2\, sin.\, \psi\ sin.\, z\ cos.\ {}^1/_2\, a^2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2\, sin.\, \psi\ sin.\, z\ cos.\ {}^1/_2\, a^2 &= cos.\, p - cos.\, (\psi + z) \\ &= sin.\, vers.\, (\psi + z) - sin.\, vers.\, p \\ &= 2\, sin.\ {}^1/_2\, (\psi + z + p)\ sin.\ {}^1/_2\, (\psi + z - p). \end{aligned}$$

Aus diesen Gleichungen ergeben sich dann die folgenden, in welchen ${}^1/_2\, (p + \psi + z) = s$ ist:

$$sin.\, vers.\, a = \frac{cos.\, (\psi - z) - cos.\, p}{sin.\, \psi\ sin.\, z}, \qquad (1)$$

$$sin.\, vers.\, a = \frac{sin.\, vers.\, p - sin.\, vers.\, (\psi - z)}{sin.\, \psi\ sin.\, z}, \qquad (2)$$

$$suvers.\, a = \frac{cos.\, p - cos.\, (\psi + z)}{sin.\, \psi\ sin.\, z}, \qquad (3)$$

$$suvers.\, a = \frac{sin.\, vers.\, (\psi + z) - sin.\, vers.\, p}{sin.\, \psi\ sin.\, z}, \qquad (4)$$

$$sin.\ {}^1/_2\, a = \sqrt{\frac{sin.\, (s - z)\ sin.\, (s - \psi)}{sin.\, \psi\ sin.\, z}}, \qquad (5)$$

$$cos.\ {}^1/_2\, a = \sqrt{\frac{sin.\, s\ sin.\, (s - p)}{sin.\, \psi\ sin.\, z}}, \qquad (6)$$

$$tg.\ {}^1/_2\, a = \sqrt{\frac{sin.\, (s - z)\ sin.\, (s - \psi)}{sin.\, s\ sin.\, (s - \psi)}}. \qquad (7)$$

Wenn der Stundenwinkel, die Declination und die Höhe des 61
Gestirns gegeben sind, so folgt die Formel für die Berechnung des Azimuths aus der Relation (4^a), §. 45. Aus derselben ergiebt sich, dass

$$sin.\, a = \frac{sin.\, t\; cos.\, \delta}{cos.\, h}.$$

7. Formeln zur Bestimmung der Höhe eines Gestirns.

Um aus der Breite, dem Stundenwinkel und der Declination 62
eines Gestirns die Höhe oder die Zenithdistanz desselben abzuleiten, dienen folgende Formeln. Es ist [§. 45 (1^a)]:

$$sin.\, h = cos.\, z = sin.\, \varphi\; sin.\, \delta + cos.\, \varphi\; cos.\, \delta\; cos.\, t.$$

Setzt man $cos.\, t = 1 - 2\, sin.\, {}^1\!/_2\, t^2$, so erhält man:

$$\begin{aligned} cos.\, z &= sin.\, \varphi\; sin.\, \delta + cos.\, \varphi\; cos.\, \delta - 2\, cos.\, \varphi\; cos.\, \delta\; sin.\, {}^1\!/_2\, t^2 \\ &= cos.\, (\delta - \varphi) - 2\, cos.\, \varphi\; cos.\, \delta\; sin.\, {}^1\!/_2\, t^2, \\ 1 - sin.\, {}^1\!/_2\, z^2 &= 1 - 2\, sin.\, {}^1\!/_2\, (\delta - \varphi)^2 - 2\, cos.\, \varphi\; cos.\, \delta\; sin.\, {}^1\!/_2\, t^2 \\ sin.\, {}^1\!/_2\, z^2 &= sin.\, {}^1\!/_2\, (\delta - \varphi)^2 + cos.\, \varphi\; cos.\, \delta\; sin.\, {}^1\!/_2\, t^2 \\ &= sin.\, {}^1\!/_2\, (\delta - \varphi)^2 \left[1 + \frac{cos.\, \varphi\; cos.\, \delta\; sin.\, {}^1\!/_2\, t^2}{sin.\, {}^1\!/_2\, (\delta - \varphi)^2}\right]. \end{aligned}$$

Setzt man:

$$\frac{sin.\, {}^1\!/_2\, t \sqrt{cos.\, \varphi\; cos.\, \delta}}{sin.\, {}^1\!/_2\, (\delta - \varphi)} = tg.\, \xi, \tag{1}$$

so ist:

$$sin.\, {}^1\!/_2\, z = \frac{sin.\, {}^1\!/_2\, t \sqrt{cos.\, \varphi\; cos.\, \delta}}{sin.\, \xi}. \tag{2}$$

Man kann aber auch

$$\frac{sin.\, {}^1\!/_2\, (\delta - \varphi)}{sin.\, {}^1\!/_2\, t \sqrt{cos.\, \varphi\; cos.\, \delta}} = cotg.\, \theta \tag{3}$$

setzen.

In diesem Falle ist

$$sin.\, {}^1\!/_2\, z = \frac{sin.\, {}^1\!/_2\, (\delta - \varphi)}{cos.\, \theta}. \tag{4}$$

Setzt man hingegen $cos.\, t = 2\, cos.\, {}^1\!/_2\, t^2 - 1$, so erhält man:

$$\begin{aligned} cos.\, z &= sin.\, \varphi\; sin.\, \delta + 2\, cos.\, \varphi\; cos.\, \delta\, cos.\, {}^1\!/_2\, t^2 - cos.\, \varphi\; cos.\, \delta \\ &= 2\, cos.\, \varphi\; cos.\, \delta\; cos.\, {}^1\!/_2\, t^2 - cos.\, (\varphi + \delta) \\ &= cos.\, \varphi\; cos.\, \delta\; sin.\, vers.\, t - cos.\, (\varphi + \delta). \end{aligned} \tag{5}$$

Berechnet man nun den Hülfswinkel ϱ, indem man setzt:

$$sin.\,\varrho = cos.\,{}^1/_2\,t\,\sqrt{cos.\,\varphi\;cos.\,\delta}, \qquad (6)$$

so erhält man:

$$cos.\,z = 2\,sin.\,\varrho^2 - cos.\,(\varphi + \delta)$$
$$1 - cos.\,z = 1 - [2\,sin.\,\varrho^2 - cos.\,(\varphi + \delta)]$$
$$2\,sin.\,{}^1/_2\,z^2 = cos.\,(\varphi + \delta) + cos.\,2\,\varrho$$
$$= 2\,cos.\,[{}^1/_2\,(\varphi + \delta) + \varrho]\;cos.\,[{}^1/_2\,(\varphi + \delta) - \varrho)$$
$$sin.\,{}^1/_2\,z = \sqrt{cos.\,[{}^1/_2\,(\varphi + \delta) + \varrho]\;cos.\,[{}^1/_2\,(\varphi + \delta) - \varrho]}. \qquad (7)$$

Für die obige Formel

$$cos.\,z = cos.\,(\delta - \varphi) - 2\,cos.\,\varphi\;cos.\,\delta\;sin.\,{}^1/_2\,t$$

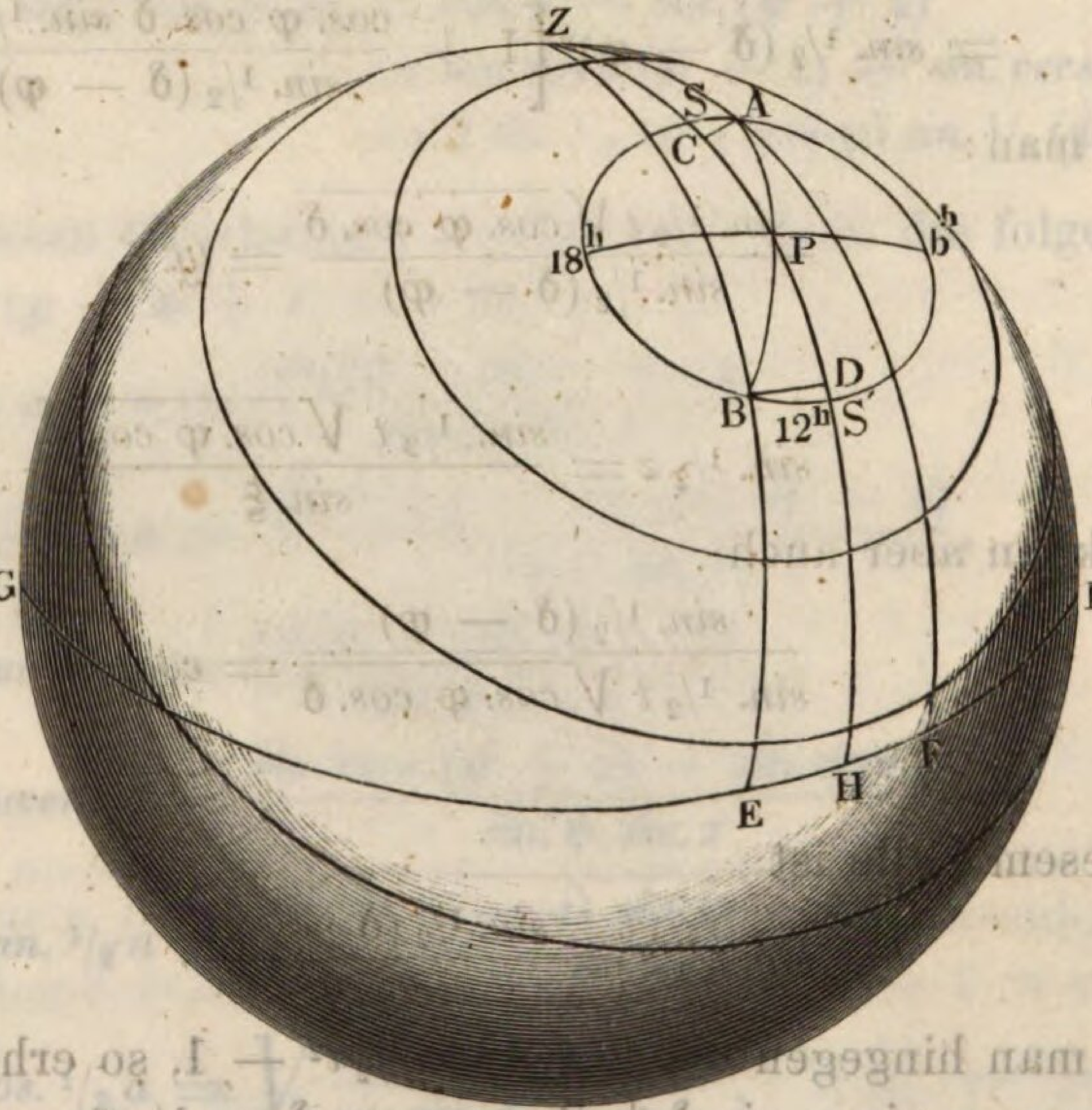
kann man auch setzen:

$$sin.\,h = sin.\,(\psi + \delta) - cos.\,\varphi\;cos.\,\delta\;sin.\,vers.\,t. \qquad (8)$$

8. Ableitung der Breite aus der Höhe des Polarsterns.

63 Es sei GEJ (Fig. 26) der Horizont, ZPH der Meridian, Z das Zenith, P der Pol, HP die Polhöhe, welche der Breite des

Fig. 26.



Beobachtungsortes gleich ist, $SAS'B$ der Tagekreis des Polar-

sterns, S der Ort und $SH = h$ die Höhe zur Zeit seiner obern Culmination, S' der Ort und $S'H = h'$ die Höhe zur Zeit seiner untern Culmination, $SP = AP = S'P = BP = 90^0 - \delta = d$.

Ein Blick auf die Figur zeigt, dass

$$HP = HS - PS,$$

d. i.

$$\varphi = h - (90^0 - \delta) = h - d, \qquad (1)$$

ferner

$$HP = HS' + S'P$$

oder

$$\varphi = h' + (90^0 - \delta) = h' + d. \qquad (2)$$

Durch Addition von (1) und (2) erhält man:

$$2\,HP = HS + HS' - PS + PS'$$

$$2\,\varphi = h + h' - d + d$$

$$\varphi = \frac{h + h'}{2}.$$

Bestimmt man daher die Höhe des Polarsterns bei seiner obern, oder bei seiner untern Culmination, so erhält man die Breite, wenn man im ersten Falle seinen Abstand vom Pole subtrahirt, im zweiten, wenn man ihn addirt. Beobachtet man aber die obere und auch die untere Culmination, so ist die Bestimmung der Breite von der Polardistanz und mithin auch von der Declination ganz unabhängig, indem nach Obigem die Breite das arithmetische Mittel der beiden Höhen ist.

Aber nicht allein aus der durch Beobachtung zur Zeit der obern, oder untern Culmination des Polarsterns observirten Höhe, sondern jeder, welche man zu einer andern Zeit durch Messung gefunden hat, lässt sich die Breite ableiten, wenn nur die Zeit im Augenblicke der Beobachtung bekannt ist. Um das Verfahren hierbei anschaulich zu machen, wollen wir annehmen, die Höhe des Polarsterns sei beobachtet, als er sich in A befand, und gleich $AF = h''$ gefunden. Die Sternzeit im Augenblicke der Beobachtung sei s, die Rectascension des Sterns $= \alpha$, so ist der Stundenwinkel $SPA = t = s - \alpha$. Denkt man sich durch A einen Höhenkreis gelegt, so erhält man in ACP das bei C rechtwinkelige Dreieck, in welchem der Winkel $APC = t = s - \alpha$ und die Seite $PA = d$ bekannt sind. Betrachtet man letzteres als ein geradliniges, so ist $PC = d \cos. t$. Dann ist aber

$$HP = HC - PC$$
$$= AF - PC,$$

oder $$\varphi = h'' - d\ cos.\, t.$$

Befände sich der Stern zur Zeit der Beobachtung in B, so würde man, wenn seine Höhe hier $= h'''$, der Stundenwinkel aber $180^0 + t$ wäre, durch Substitution dieser Grössen in den voranstehenden Ausdruck

$$\varphi = h''' + d\ cos.\, t$$

erhalten, was den Umständen völlig entspricht. Es ist nämlich in dem Dreiecke BPD, wenn man dasselbe auch hier als ein geradliniges betrachtet, $PD = d\ cos.\, t$, und ferner

$$PH = HD + DP$$
$$= BE + DP$$

oder $$\varphi = h''' + d\ cos.\, t.$$

64 Das bei den Seefahrern übliche Verfahren, die Breite aus Polarstern-Beobachtungen abzuleiten, gründet sich auf folgende Betrachtung.

Die wahre Höhe des Polarsterns $= h$ ist, weil er dem Pole sehr nahe steht, immer nur wenig von der Polhöhe oder Breite des Beobachtungsorts φ verschieden. Bezeichnet man nun h durch $\varphi - u$ und den Abstand des Polarsterns vom Pole, d. i. $90^0 - \delta$ durch d, so wird u nie grösser als d werden. Diese Polardistanz d beträgt nahezu $1^0\ 32'$. Bezeichnet man nun wieder den Stundenwinkel des Polarsterns durch t, so hat man:

$$sin.\, h = sin.\, (\varphi - u) = sin.\, \varphi\ cos.\, u - cos.\, \varphi\ sin.\, u$$

und nach §. 45:

$$sin.\, h = \qquad = cos.\, \varphi\ sin.\, d\ cos.\, t + sin.\, \varphi\ cos.\, d,$$

daraus folgt:

$$- sin.\, u = sin.\, d\ cos.\, t + tg.\, \varphi\ (cos.\, d - cos.\, u)$$
$$= sin.\, d\ cos.\, t - 2\, tg.\, \varphi\ sin.\, {}^1/_2\, (d + u)\ sin.\, {}^1/_2\, (d - u).$$

Setzt man: $sin.\, u = u\ sin.\, 1''$, $sin.\, {}^1/_2\, (d + u) = {}^1/_2\, (d + u)\ sin.\, 1''$; $sin.\, {}^1/_2\, (d - u) = {}^1/_2\, (d - u)\ sin.\, 1''$, und $sin.\, d = d\ sin.\, 1''$, was ohne merklichen Fehler geschehen kann, weil u und d sehr klein sind; so erhält man:

$$- u = d\ cos.\, t + tg.\, \varphi\ (u^2 - d^2)\ {}^1/_2\, sin.\, 1''.$$

Das zweite Glied auf der rechten Seite dieser Gleichung ist im Vergleich mit dem ersten Gliede sehr gering. Lässt man es daher vorläufig unberücksichtigt, so erhält man den Näherungswerth $u = - d\ cos.\, t$ und $u^2 - d^2 = - d^2\ sin.\, t^2$, unter dieser Voraussetzung wird, bis zu den Gliedern der zweiten Ordnung inclusive:

$$u = - d\ cos.\, t + {}^1/_2\, d^2\ sin.\, 1''\ tg.\, \varphi\ sin.\, t^2. \qquad \text{(a)}$$

Der Werth von d ist hier veränderlich; bezeichnet man ihn für eine gewisse Epoche durch $\varDelta$, so kann man für eine andere Epoche $d = \varDelta - (\varDelta - d)$ setzen. Weil nun $\varDelta - d$ sehr klein und φ nahezu $= h$ ist, so kann man im zweiten Gliede der voranstehenden Gleichung (a) $\varDelta$ an die Stelle von d, und h an die Stelle von φ setzen. Dann erhält man:

$$\varphi = h - \varDelta \cos. t + \tfrac{1}{2} \varDelta^2 \sin. 1'' \, tg. h \sin. t^2 + (\varDelta - d) \cos. t. \qquad \text{(b)}$$

Das Glied $- \varDelta \cos. t$ wird zwischen den Grenzen $t = 6^h\ 0^m$ oder 90^0 und $t = 18^h\ 0^m$ oder 270^0 immer positiv sein. Es wird aber negativ, wenn t einerseits zwischen den Grenzen $0^h\ 0^m$ oder 0^0 und $6^h\ 0^m$ oder 90^0, andererseits zwischen $18^h\ 0^m$ oder 270^0 und $24^h\ 0^m$ oder 360^0 liegt. Das dann oben in (b) folgende Glied ist immer positiv, das letzte aber wird zuweilen positiv, zuweilen negativ. Um es immer als positiv auftreten zu lassen, kann man $+ 1'$ oder $+ 2'$ dazu legen, muss dann aber von dem ersten Gliede der obigen Gleichung, d. i. h, eben so viel abziehen.

Bezeichnet man nun wieder die Sternzeit der Beobachtung durch s, die gerade Aufsteigung des Polarsterns um diese Zeit durch α und drückt man s und α in Graden aus, so wird $t = s - \alpha$ und

$$\varphi = h - n - \varDelta \cos. (s - \alpha) + \tfrac{1}{2} \varDelta^2 \sin. 1'' \, tg. h \sin. (s - \alpha)^2$$
$$+ [n + (\varDelta - d) \cos. (s - \alpha)]. \qquad \text{(c)}$$

Hier ist $n = 1'$ oder $2'$. In den Tabellen, deren man sich bedient, um die Breite nach dieser Formel zu bestimmen, pflegt der betreffende Werth von n angegeben zu sein.

9. Bestimmung der Zeit durch zwei Höhen und der zwischen den Beobachtungen letzterer verflossenen Zeit.

Bezeichnet man die beobachteten Höhen durch h und h', die 65
zugehörigen Stundenwinkel durch t und t', so ist $t' - t$ die Zwischenzeit. Lässt man nun die Aenderung der Declination in der zwischen beiden Beobachtungen verflossenen Zeit unberücksichtigt, so ist:

$$\sin. h = \sin. \varphi \sin. \delta + \cos. \varphi \cos. \delta \cos. t,$$
$$\sin. h' = \sin. \varphi \sin. \delta + \cos. \varphi \cos. \delta \cos. t',$$
$$\sin. h - \sin. h' = \cos. \varphi \cos. \delta (\cos. t - \cos. t'),$$

$$2\, sin.\, {}^1/_2\, (t' + t)\, sin.\, {}^1/_2\, (t' - t) = \frac{sin.\, h - sin.\, h'}{cos.\, \varphi\, cos.\, \delta},$$

$$sin.\, {}^1/_2\, (t' + t) = {}^1/_2\, (sin.\, h - sin.\, h')\quad sec.\, \varphi\, sec.\, \delta\, cosec.\, {}^1/_2\, (t' - t)$$
$$= {}^1/_2\, (cos.\, vers.\, h' - cos.\, vers.\, h)\, sec.\, \varphi\, sec.\, \delta\, cosec.\, {}^1/_2\, (t' - t)$$
$$= cos.\, {}^1/_2\, (h + h')\, sin.\, {}^1/_2\, (h - h')\, sec.\, \varphi\, sec.\, \delta\, cosec.\, {}^1/_2\, (t' - t).$$

Wenn die Mittelzeit ${}^1/_2\ (t' + t)$ berechnet ist, so erhält man den einen Stundenwinkel t' durch die Formel

$$t' = {}^1/_2\, (t' + t) + {}^1/_2\, (t' - t),$$

den andern Stundenwinkel t hingegen durch

$$t = {}^1/_2\, (t + t) - {}^1/_2\, (t' - t).$$

10. Bestimmung der Zeit durch correspondirende Sonnenhöhen.

66 Wenn die Declination eines Gestirns sich gar nicht, oder nur unmerklich ändert, so gehören gleichen Höhen desselben auf beiden Seiten des Meridians gleiche Stundenwinkel an; verändert sich aber die Declination, wie dieses bei der Sonne geschieht, so ist dieses nicht der Fall und die Mittelzeit ist nicht die Zeit im Mittage. Wenn die positive Declination wächst, so ist der nachmittägige Stundenwinkel der grössere; nimmt sie hingegen ab, so ist er der kleinere. Setzt man den Unterschied der beiden Stundenwinkel als bekannt voraus, so erhält man die Zeit des Mittags, wenn man den halben Unterschied der beiden Stundenwinkel zu der Mittelzeit mit dem entsprechenden Zeichen hinzulegt.

Wenn δ die Declination der Sonne im wahren Mittage, die des Vormittags beobachtete Höhe des Mittelpunkts der Sonne $= h$, der zugehörige Stundenwinkel $= t$ und die Declination $= \delta - x$, des Nachmittags bei derselben Höhe $= h$, der Stundenwinkel $= t + y$ und die Declination $= \delta + x$ ist, so hat man:

$$sin.\, h = cos.\, \varphi\, cos.\, (\delta - x)\, cos.\, t + sin.\, \varphi\, sin.\, (\delta - x) \qquad \text{(a)}$$

$$sin.\, h = cos.\, \varphi\, cos.\, (\delta + x)\, cos.\, (t + y) + sin.\, \varphi\, sin.\, (\delta + x). \qquad \text{(b)}$$

Da die Bogen x und y nur klein sind, so darf man setzen:

$$cos. (\delta \pm x) = cos. \delta \mp x \; sin. 1'' \; sin. \delta,$$
$$sin. (\delta \pm x) = sin. \delta \pm x \; sin. 1'' \; cos. \delta, \text{ und}$$
$$cos. (t + y) = cos. t - y \; sin. 1'' \; sin. t.$$

Unter x und y sind hier Bogensecunden zu verstehen. Multiplicirt man $cos. (d + x)$ mit $cos. (t + y)$ und lässt man in dem Producte, welches man erhält, die Glieder zweiter Ordnung unberücksichtigt, so erhält man:

$$cos. (d + x) \; cos. (t + y) = cos. \delta \; cos. t - x \; sin. 1'' \; sin. \delta \; cos. t$$
$$- y \; sin. 1'' \; sin. t \; cos. \delta.$$

Substituirt man die voranstehenden Werthe in die Gleichungen (*a*) und (*b*), und subtrahirt dann von den neu entstehenden Gleichungen die zweite von der ersten, so erhält man nach gehöriger Vereinfachung und Umstellung der Glieder:

$$y = 2 \, x \left(\frac{tg. \varphi}{sin. t} - \frac{tg. \delta}{tg. t}\right). \qquad \text{(c)}$$

y, in Bogensecunden ausgedrückt, ist hier die Correction des nachmittägigen Stundenwinkels; in Zeitsecunden ausgedrückt ist dieselbe $= \frac{y}{15}$.

Wenn man nun die Sonne in gleicher Höhe des Vormittags zur Chronometerzeit θ, des Nachmittags zur Chronometerzeit θ' beobachtet, so werden den gleichen Stundenwinkeln die Chronometerzeiten θ und $\theta' - \frac{y}{15}$ angehören, das Chronometer wird also für den Zeitpunkt des wahren Mittags:

$$\tfrac{1}{2} (\theta + \theta' - \tfrac{1}{15} y) = \tfrac{1}{2} (\theta + \theta') - \tfrac{1}{30} \, y$$

zeigen.

Die Grösse $- \frac{1}{30} \, y$ heisst die Mittagsverbesserung für correspondirende Höhen; sie ist abhängig von der Breite des Beobachtungsortes $= \varphi$, von der Declination der Sonne im wahren Mittage $= \delta$, von dem Stundenwinkel $= t$, und von der Aenderung der Declination während des Zeitraumes $\theta' - \theta$, welche durch $2 \, x$ bezeichnet ist.

Wenn man die in Secunden ausgedrückte Aenderung der Declination der Sonne, durch welche sie sich in 48 Stunden oder den zwei Tagen, von welchen der eine vor dem Mittage des Beobachtungsortes anfängt, der andere aber nach diesem Mittage

folgt, dem sichtbaren Pole nähert, positiv nennt und durch $\varDelta$ bezeichnet, so ist:

$$2x = \frac{\varDelta}{48} \cdot (\theta' - \theta).$$

Wenn das Chronometer nach mittlerer Zeit geht, so ist der Stundenwinkel t sehr nahe $= {}^{15}/_2\ (\theta' - \theta)$, wenn es aber nach Sternzeit geht, so muss man von $^1/_2\ (\theta' - \theta)$ die Voreilung der Sternzeit während des Intervalls $^1/_2\ (\theta' - \theta)$ abziehen um den sehr genäherten Stundenwinkel t zu erhalten. Setzt man die voranstehenden Werthe für $2x$ und t in die Gleichung (c), so erhält man:

$$y = \frac{\varDelta\ (\theta' - \theta)}{48^h} \cdot \frac{tg.\ \varphi}{sin.\ 15\left(\frac{\theta' - \theta}{2}\right)} - \frac{\varDelta\ (\theta' - \theta)}{48^h} \cdot \frac{tg.\ \delta}{tg.\ 15\left(\frac{\theta' - \theta'}{2}\right)}.$$

Demzufolge ist die Mittagsverbesserung:

$$-{}^1/_{30}\, y = \frac{\varDelta\,(\theta' - \theta)}{48^h\ 30} \cdot \frac{tg.\ \varphi}{sin.\ 15\left(\frac{\theta' - \theta}{2}\right)} - \frac{\varDelta\,(\theta' - \theta)}{48^h\ 30} \cdot \frac{tg.\ \delta}{tg.\ 15\left(\frac{\theta' - \theta}{2}\right)}.$$

Setzt man in diesem Ausdrucke der Kürze wegen:

$$\frac{\theta' - \theta}{48^h\ 30} \cdot \frac{1}{sin.\ 15\left(\frac{\theta' - \theta}{2}\right)} = A \text{ und}$$

$$\frac{\theta' - \theta}{48^h\ 30} \cdot \frac{1}{tg.\ 15\left(\frac{\theta' - \theta}{2}\right)} = B,$$

so nimmt die obige Formel die Gestalt:

$$-\varDelta.\ A.\ tg.\ \varphi + \varDelta\ B.\ tg.\ \delta$$

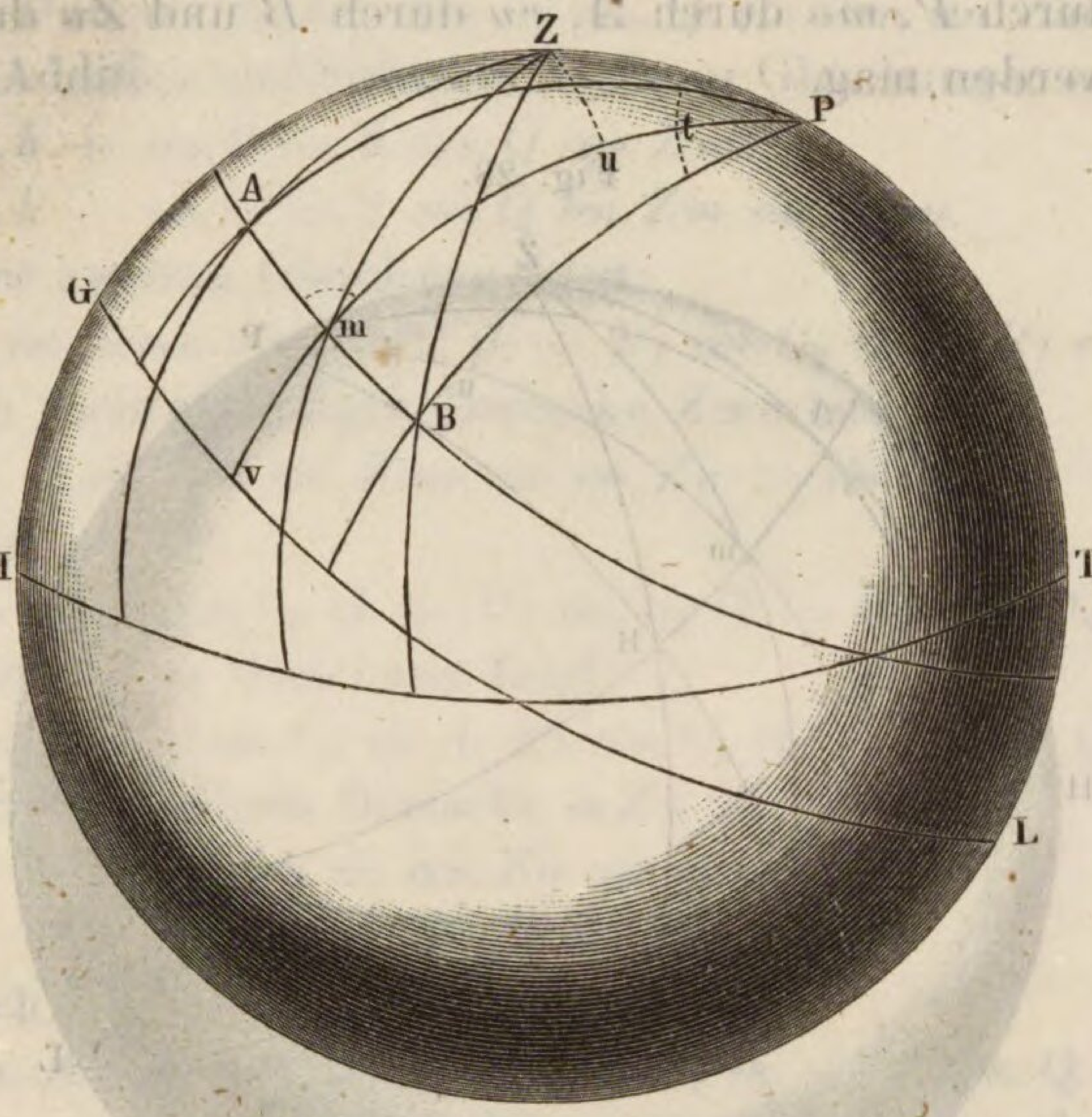
an. Um nach ihr die Mittagsverbesserung zu berechnen, bestimmt man den Werth von $\varDelta$ und δ nach Tafel II. oder entnimmt sie aus den Ephemeriden; *log.* A und *log.* B dagegen kann man aus der von Gauss herrührenden Tafel XXII. entnehmen, welche nach Argumenten der in mittlerer Sonnenzeit ausgedrückten Zeitintervalle fortschreitet.

11. Bestimmung der Breite aus zwei Höhen und der Zwischenzeit.

67 Der Gang der Rechnung, nach welcher man aus zwei Höhen und der Zwischenzeit die Breite berechnet, ist folgender.

Wenn A und B (Fig. 27) die beobachteten Sonnenörter sind und man denkt sich durch dieselben einen grössten Kreis gelegt,

Fig. 27.



so sind in dem Dreiecke APB die Seiten AP und BP als die Complemente der Declination und der Winkel APB durch die Zwischenzeit bekannt.

Fällt man nun von P auf AB das Loth Pm, so ist in dem rechtwinkeligen Dreiecke AmP die Seite AP als Complement der Declination und der Winkel $APm = \frac{1}{2}\, t$ bekannt, folglich lässt sich Pm und Am berechnen.

Ferner ist im $\triangle\, ABZ$, $AB = 2\, Am$, AZ und BZ sind die Complemente der Höhen, es können also die Winkel bei A und B, die Seite Zm und der Winkel ZmP berechnet werden.

Fällt man dann von Z auf Pm das Loth Zu, so erhält man die beiden bei u rechtwinkeligen Dreiecke muZ und ZuP.

Im Dreiecke muZ berechnet man aus mZ und dem Winkel Zmu die Seiten mu und Zu.

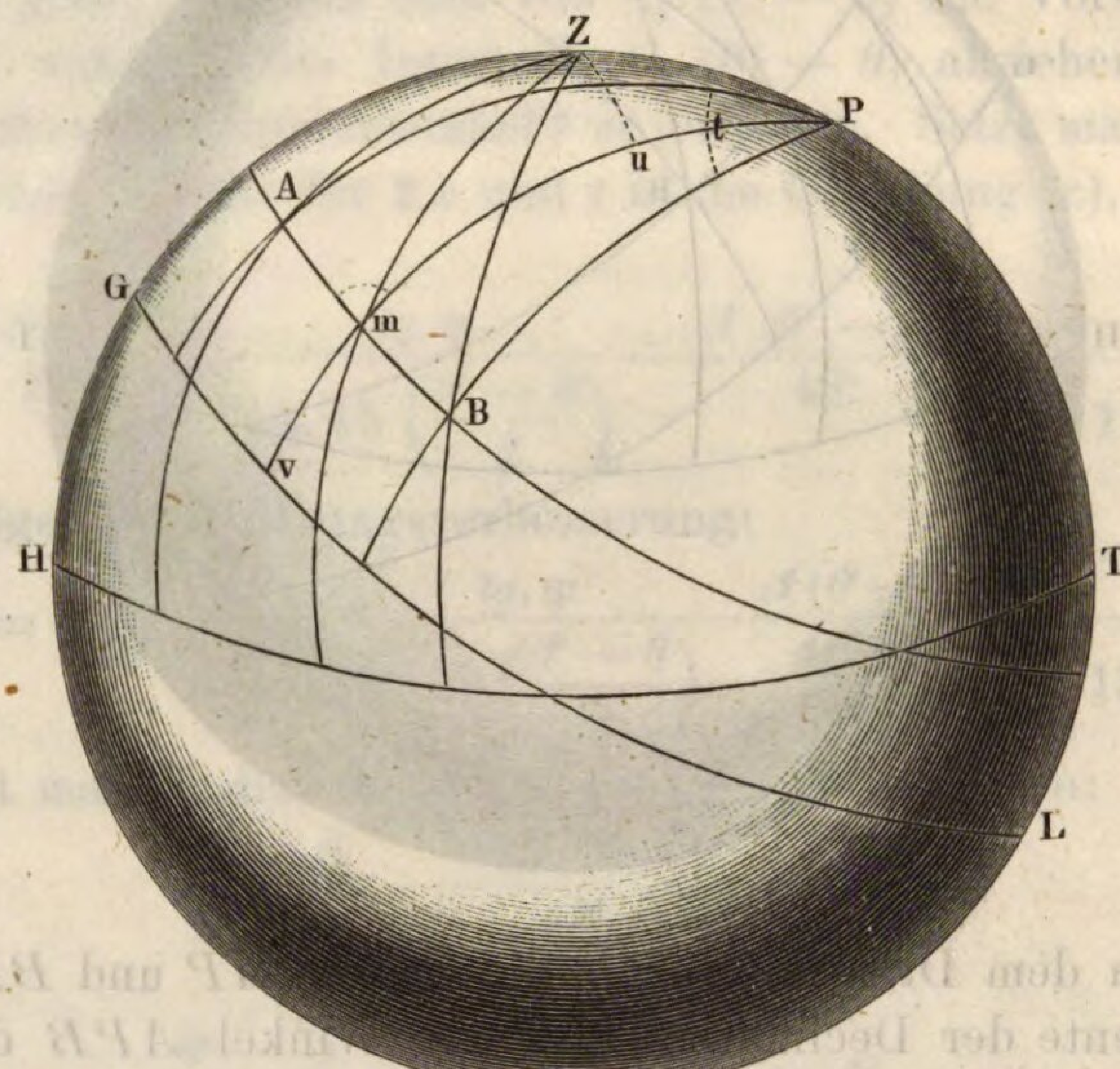
Pm ist schon früher berechnet, subtrahirt man davon mu, so erhält man uP.

In dem rechtwinkeligen Dreiecke ZuP ist ZP das Complement der Breite; dieses berechnet man schliesslich aus Zu und uP.

Wenn man die Declination des Gestirnes in A und B als

gleich annehmen darf, so nimmt die Rechnung folgende Gestalt an, wobei der Kürze wegen die grössere Höhe des Gestirnes durch h, die kleinere durch h', $Am = Bm$ durch Q, die Ergänzung von Pm, d. i. vm durch P, mu durch A, vu durch B und Zu durch R bezeichnet werden mag.

Fig. 28.



Im rechtwinkeligen Dreiecke AmP ist

$$\sin. Am = \sin. AP \sin. \tfrac{1}{2} t,$$

$$\sin. Q = \cos. \delta \sin. \tfrac{1}{2} t,$$

ferner $$\operatorname{cotg}. Pm = \frac{tg. \delta}{\cos. \tfrac{1}{2} t} = tg. \delta \sec. \tfrac{1}{2} t$$

und weil $$Pm = 90^0 - vm = 90^0 - P,$$

$$tg. P = tg. \delta \sec. \tfrac{1}{2} t.$$

In den Dreiecken ZmA und ZmB ist:

$$\cos. AZ = \cos. Am \cos. Zm + \sin. Am \sin. Zm \cos. AmZ,$$

$$\cos. BZ = \cos. Bm \cos. Zm + \sin. Am \sin. Zm \cos. BmZ.$$

Es ist nun:

$$\cos. AmZ = \sin. Zmu, \text{ und}$$

$$\cos. BmZ = \cos. (180^0 - AmZ) = - \cos. AmZ = - \sin. Zmu.$$

Substituirt man diese Werthe und die oben aufgeführten Zei-

chen für die in den voranstehenden Gleichungen vorkommenden Grössen, so erhält man:

$$sin. h = cos. Q. cos. Zm + sin. Q. sin. Zm\ sin. Zmu,$$

$$sin. h' = cos. Q. cos. Zm - sin. Q. sin. Zm\ sin. Zmu.$$

Durch Addition und Subtraction dieser Gleichungen erhält man:

$$sin. h + sin. h' = 2\ cos. Q\ cos. Zm,$$

$$sin. h - sin. h' = 2\ sin. Q\ sin. Zm\ sin. Zmu.$$

Aus der zweiten Gleichung folgt:

$$sin. Zm\ sin. Zmu = cos. \tfrac{1}{2}\ (h + h')\ sin. \tfrac{1}{2}\ (h - h')\ cosec. Q.$$

In dem rechtwinkeligen Dreiecke Zmu ist:

$$sin. Zm\ sin. Zmu = sin. Zu = sin. R.$$

Folglich ist:

$$sin. R = cos. \tfrac{1}{2}\ (h + h')\ sin. \tfrac{1}{2}\ (h - h')\ cosec. Q.$$

Aus der ersten Gleichung folgt:

$$cos. Zm = sin. \tfrac{1}{2}\ (h + h')\ cos. \tfrac{1}{2}\ (h - h')\ sec. Q.$$

Im rechtwinkeligen Dreiecke mZu ist:

$$cos. Zm = cos. Zu\ cos. mu$$

$$= cos. R\ cos. A.$$

Folglich:

$$cos. R\ cos. A = sin. \tfrac{1}{2}\ (h + h')\ cos. \tfrac{1}{2}\ (h - h')\ sec. Q.$$

$$cos. A = sin. \tfrac{1}{2}\ (h + h')\ cos. \tfrac{1}{2}\ (h - h')\ sec. Q\ sec. R.$$

Endlich ist im rechtwinkeligen Dreieck ZuP:

$$cos. ZP = cos. Zu\ cos. Pu,$$

$$cos. \psi = cos. R\ cos. (90 - B),$$

$$sin. \varphi = cos. R\ sin. (A \pm B).$$

12. Bestimmung der Breite durch Annäherung.

Die Bestimmung der Breite aus einer, oder mehreren in der Nähe des Meridians gemessenen Höhen und den Beobachtungszeiten kann nach folgenden Formeln geschehen. 68

Es sei die gemessene Sonnenhöhe $= h$, die Mittagshöhe $= H$, der Unterschied beider Δh, die Breite $= \varphi$, die Declination im Augenblicke des Durchgangs durch den Meridian $= \delta$ und der Stundenwinkel $= t$.

Es ist $h = H - \Delta h$. Ferner:

$$sin. h = sin. \varphi\ sin. \delta + cos. \varphi\ cos. \delta\ cos. t, \qquad (1)$$

oder

$$\sin.(H - \varDelta h) = \sin.\varphi \sin.\delta + \cos.\varphi \cos.\delta\,(1 - 2 \sin.{}^1\!/_2\, t^2)$$

$$\begin{aligned}\sin.H \cos.\varDelta h - \cos.H \sin.\varDelta h &= \sin.\varphi \sin.\delta + \cos.\varphi \cos.\delta \\ &\quad - 2 \cos.\varphi \cos.\delta \sin.{}^1\!/_2\, t^2 \\ &= \cos.(\varphi - \delta) - 2 \cos.\varphi \cos.\delta \sin.{}^1\!/_2\, t^2.\end{aligned}$$

Wenn $\varDelta h$ sehr klein ist, so darf man $\cos.\varDelta h = 1$ setzen; alsdann ist:

$$\sin.H - \sin.\varDelta h \cos.H = \sin.H - 2 \cos.\varphi \cos.\delta \sin.{}^1\!/_2\, t^2,$$

$$\begin{aligned}\sin.\varDelta h &= \frac{2 \cos.\varphi \cos.\delta \sin.{}^1\!/_2\, t^2}{\cos.H} \\ &= \frac{2 \cos.\varphi \cos.\delta \sin.{}^1\!/_2\, t^2}{\sin.(\varphi - \delta)} \\ &= 2 \cos.\varphi \cos.\delta\, \mathrm{cosec.}(\varphi - \delta) \sin.{}^1\!/_2\, t^2.\end{aligned}$$

Anderweitig kann man in (1) $\cos.t = 1 - \sin.\mathrm{vers.}\,t$ setzen, man erhält dann:

$$\begin{aligned}\sin.h &= \sin.\varphi \sin.\delta + \cos.\varphi \cos.\delta - \cos.\varphi \cos.\delta \sin.\mathrm{vers.}\,t \\ &= \cos.(\varphi - \delta) - \cos.\varphi \cos.\delta \sin.\mathrm{vers.}\,t,\end{aligned}$$

$$\cos.(\varphi - \delta) = \sin.h + \cos.\varphi \cos.\delta \sin.\mathrm{vers.}\,t.$$

$$\sin\,\mathrm{vers.}(\varphi - \delta) = \cos.\mathrm{vers.}\,h - \cos.\varphi \cos.\delta \sin.\mathrm{vers.}\,t.$$

Wenn man nun die angenäherte Meridionalzenithdistanz $(\varphi - \delta) = Z$ und die Zenithdistanz $90 - h = z$ setzt, so ergiebt sich, dass:

$$\cos.Z - \cos.z = \cos.\varphi \cos.\delta \sin.\mathrm{vers.}\,t,$$

$$\begin{aligned}2 \sin.{}^1\!/_2\,(z + Z) \sin.{}^1\!/_2\,(z - Z) &= \cos.\varphi \cos.\delta \sin.\mathrm{vers.}\,t \\ &= 2 \cos.\varphi \cos.\delta \sin.{}^1\!/_2\, t^2,\end{aligned}$$

$$\sin.{}^1\!/_2\,(z - Z) = \cos.\varphi \cos.\delta \sin.{}^1\!/_2\, t^2\, \mathrm{cosec.}{}^1\!/_2\,(z + Z).$$

Mittelst dieser Gleichung berechnet man $^1\!/_2\,(z - Z)$. Ist dieses geschehen, so ist die berichtigte Meridionalzenithdistanz:

$$Z' = Z - {}^1\!/_2\,(z - Z),$$

mit welcher, falls es nöthig, die Rechnung wiederholt wird.

13. Bestimmung der „Aussenmittagsbreite“ nach Douwes.

69 Wenn die Zeit t nicht bekannt ist, so muss ausser der Sonnenhöhe nahe am Mittage h, noch eine zweite und die zwischen beiden verflossene Zeit beobachtet werden. In diesem Falle bestimmt man zuvörderst mit Hülfe der gegissten, d. h. der gemuthmassten, Breite den Stundenwinkel t (§. 50).

Aus

$$sin.\, h = cos.\, (\varphi - \delta) - 2\ cos.\, \varphi\ cos.\, \delta\ sin.\, {}^1/_2\, t^2$$

ergiebt sich, dass

$$cos.\, (\varphi - \delta) = sin.\, h + 2\ cos.\, \varphi.\ cos.\, \delta\ sin.\, {}^1/_2\, t^2,$$

und wenn man die Mittagshöhe der Sonne durch H bezeichnet, so ist $cos.\, (\varphi - \delta) = sin.\, H.$

Folglich ist:

$$sin.\, H = sin.\, h + 2\ cos.\, \varphi\ cos.\, \delta\ sin.\, {}^1/_2\, t^2.$$

Dieser Ausdruck lässt sich durch Einführung von Hülfswinkeln für die Rechnung bequemer machen. Setzt man:

$$sin.\, h = tg.\, a \text{ und } 2\ cos.\, \varphi\ cos.\, \delta\ sin.\, {}^1/_2\, t^2 = tg.\, b,$$

so ist

$$sin.\, H = \frac{sin.\, (a + b)}{cos.\, a\ cos.\, b}.$$

Auf andere Weise kann man auch

$$2\ cos.\, \varphi\ cos.\, \delta\ sin.\, {}^1/_2\, t^2 = sin.\, \mu \text{ setzen.}$$

In diesem Falle nimmt die obige Gleichung die Gestalt

$$sin.\, H = sin.\, h + sin.\, \mu = 2\ sin.\, {}^1/_2\, (h + \mu)\ cos.\, {}^1/_2 (h - \mu) \text{ an.}$$

Wenn H berechnet ist, so hat man:

$$\varphi = 90 - H + \delta.$$

Das hier angedeutete Verfahren heisst nach seinem Erfinder die Douwes'sche Methode.

14. Formeln zur Berechnung der wahren Monddistanz aus der scheinbaren.

Der Winkel, welchen die Zenithdistanzen von Sonne und Mond einschliessen, sei Z, ferner: 70

die scheinbare Distanz $= D$; die wahre $= D'$
„ „ ☾ Höhe $= h$; „ „ $= h'$
„ „ ⊙ Höhe $= H$; „ „ $= H'$.

Die beiden Grundgleichungen sind:

$$cos.\, D = sin.\, h\ sin.\, H + cos.\, h\ cos.\, H\ cos.\, Z \quad (1)$$

$$cos.\, D' = sin.\, h'\ sin.\, H' + cos.\, h'\ cos.\, H'\ cos.\, Z. \quad (2)$$

a. Borda's Methode.

Dadurch, dass man aus beiden Gleichungen den Werth für $cos.\, Z$ ableitet und die erhaltenen Werthe einander gleichsetzt, erhält man nach Borda: 71

$$\frac{cos. D - sin. h\ sin. H}{cos. h\ cos. H} = \frac{cos. D' - sin. h'\ sin. H'}{cos. h'\ cos. H'} \quad (3)$$

$$1 + \frac{cos. D - sin. h\ sin. H}{cos. h\ cos. H} = 1 + \frac{cos. D' - sin. h'\ sin. H'}{cos. h'\ cos. H'}$$

$$\frac{cos. h\ cos. H - sin. h. sin. H + cos. D}{cos. h\ cos. H} = \frac{cos. h'\ cos. H' - sin. h'\ sin. H' + cos. D'}{cos. h'\ cos. H'}.$$

$$\frac{cos. (h + H) + cos. D}{cos. h\ cos. H} = \frac{cos. (h' + H') + cos. D'}{cos. h'\ cos. H'}$$

$$[cos. (h + H) + cos. D] \frac{cos. h'\ cos. H'}{cos. h\ cos. H} = 1 + cos. (h' + H') - (1 - cos. D')$$

$$2\ cos. \tfrac{1}{2} (h + H + D)\ cos. \tfrac{1}{2} (h + H - D) \frac{cos. h'\ cos. H'}{cos. h\ cos. H}$$
$$= 2\ cos. \tfrac{1}{2} (h' + H')^2 - 2\ sin. \tfrac{1}{2} D'^2$$

$$sin. \tfrac{1}{2} D'^2 = cos. \tfrac{1}{2} (h' + H')^2 - cos. \tfrac{1}{2} (h + H + D) \times$$
$$\times\ cos. \tfrac{1}{2} (h + H - D) \frac{cos. h'\ cos. H'}{cos. h\ cos. H}.$$

Um diesen Ausdruck bequemer berechnen zu können, führt man den Hülfswinkel μ ein, indem man setzt:

$$\sqrt{cos. \tfrac{1}{2} (h + H + D)\ cos. \tfrac{1}{2} (h + H - D) \frac{cos. h'\ cos. H'}{cos. h\ cos. H}} = sin. \mu \quad (4)$$

Es wird hierdurch:

$$sin. \tfrac{1}{2} D'^2 = cos. \tfrac{1}{2} (h' + H') - sin. \mu^2.$$

Es ist $2\ cos. \tfrac{1}{2} \alpha^2 = 1 + cos. \alpha$ und $2\ sin. \tfrac{1}{2} \alpha^2 = 1 - cos\ \alpha$. Demzufolge kann man setzen:

$$cos. \tfrac{1}{2} (h' + H')^2 = \frac{1 + cos. (h' + H')}{2}, \text{ und}$$

$$sin. \mu^2 = \frac{1 - cos. 2 \mu}{2}.$$

Dadurch nimmt der voranstehende Ausdruck die Form an:

$$sin. \tfrac{1}{2} D'^2 = \frac{1 + cos. (h' + H')}{2} - \frac{1 - cos. 2 \mu}{2}$$
$$= \frac{cos. (h' + H') + cos. 2 \mu}{2}$$
$$= cos. [\tfrac{1}{2} (h' + H') + \mu]\ cos. [\tfrac{1}{2} (h' + H') - \mu].$$

$$sin. \tfrac{1}{2} D' = \sqrt{cos. [\tfrac{1}{2} (h' + H') + \mu]\ cos. [\tfrac{1}{2} (h' + H') - \mu]}. \quad (5)$$

Die Formeln (4) und (5) dienen, um nach Borda*) die wahre Distanz aus der scheinbaren zu berechnen.

*) Borda, *Description et Usage du cercle de Reflexion.* Paris 1787.

b. Kraft's Methode.

Um nach Kraft*) die wahre Distanz aus der scheinbaren mit Hülfe der natürlichen *Sinus versus* zu berechnen, subtrahire man beide Seiten der Gleichung (3) von 1 und ziehe darauf die Grössen soviel als möglich zusammen. Man erhält: 72

$$\frac{\cos.(h - H) - \cos.D}{\cos.h \cos.H} = \frac{\cos.(h' - H') - \cos.D'}{\cos.h' \cos.H'}.$$

Aus dieser Gleichung aber folgt:

$$\cos.D' = \cos.(h' - H') - [\cos.(h - H) - \cos.D] \frac{\cos.h' \cos.H'}{\cos.h \cos.H}.$$

Setzt man hier: $\frac{\cos.h' \cos.H'}{\cos.h \cos.H} = 2 \cos.p$, so erhält man:

$$\cos.D' = \cos.(h' - H') - 2 \cos.(h - H) \cos.p + 2 \cos.D \cos.p.$$

Aus §. 42. (2) ergiebt sich, dass

$$\cos.(a + b) + \cos.(a - b) = 2 \cos.a \cos.b.$$

Demzufolge kann man dem voranstehenden Ausdrucke folgende Form geben:

$$\cos.D' = \cos.(h' - H') - \cos.[(h - H) + p] - \cos.[(h - H) - p] + \\ + \cos.(D + p) + \cos.(D - p),$$

$$sin.vers.D' = sin.vers.(h' - H') - sin.vers.[(h - H) - p] - \\ - sin.vers.[(h - H) + p] + sin.vers.(D - p) + sin.vers.(D + p) \\ = sin.vers.(h' - H') + sin.vers.(D - p) + sin.vers.(D + p) - \\ - sin.vers.[(h - H) + p] - sin.vers.[(h - H) - p].$$

Der Logarithmus des Ausdruckes $\frac{\cos.h' \cos.H'}{\cos.h \cos.H}$ kommt sowohl bei der Rechnung nach Borda's, als nach Kraft's Methode vor; er ist unter dem Namen der logarithmischen Differenz bekannt. Addirt man dazu *compl. log.* 2, so erhält man den *log. p* der Kraft'schen Methode. 73

c. Dunthorn's Methode.

Der Dunthorn'schen Methode liegt der Werth für $\cos.D'$, von welchem wir oben ausgingen, ebenfalls zum Grunde. 74

Setzt man:

$$\frac{\cos.h' \cos.H'}{\cos.h \cos.h} = d,$$

*) *Acta Academiae Petropol.* 4. Petersb. 1789.

so wird für $D < 90^0$:

$$\cos. D' = \cos.(h' - H') - [\cos.(h - H) - \cos. D]\, d, \quad (1)$$

für $D > 90^0$:

$$\cos. D' = \cos.(h' - H) - [\cos.(h - H) - (-\cos. D)]\, d \quad (2)$$
$$= \cos.(h' - H') - [\cos.(h - H) + \cos. D)]\, d.$$

Aus (1) sowohl, als aus (2) folgt:

$$\sin.\text{vers.}\, D' = \sin.\text{vers.}(h' - H') + [\sin.\text{vers.}\, D - \sin.\text{vers.}\,(h - H)]\, d.$$

d. Methode des Mendoza y Rios.

75 Um nach Mendoza y Rios *) die wahre Distanz aus der scheinbaren durch Annäherung abzuleiten, sei

die wahre Distanz $D' = D + w$,
„ „ ☾ Höhe $h' = h + p$,
„ „ ☉ Höhe $H' = H - r$.

Unter dieser Voraussetzung ist:

$$\sin. H' = \sin.(H - r) = \sin. H \cos. r - \cos. H \sin. r$$
$$= \sin. H - r \cos. H,$$
$$\cos. H' = \cos.(H - r) = \cos. H \cos. r + \sin. H \sin. r$$
$$= \cos. H + r \sin. H,$$
$$\sin. h' = \sin.(h + p) = \sin. h \cos. p + \cos. h \sin. p,$$

und $\cos. p = 1 - 2 \sin. {}^1/_2\, p^2$ gesetzt,

$$\sin. h' = \sin.(h + p) = \sin. h + \cos. h \sin. p - 2 \sin. h \sin. {}^1/_2\, p^2$$
$$= \sin. h + p \cos. h - {}^1/_2\, p^2 \sin. h,$$
$$\cos. h' = \cos.(h + p) = \cos. h \cos. p - \sin. h \sin. p$$
$$\cos. p = 1 - 2 \sin. {}^1/_2\, p^2,$$
$$\cos. h' = \cos.(h + p) = \cos. h - \sin. h \sin. p - 2 \cos. h \sin. {}^1/_2\, p^2$$
$$= \cos. h - p \sin. h - {}^1/_2\, p^2 \cos. h,$$
$$\cos. D' = \cos.(D + w) = \cos. D \cos. w - \sin. D \sin. w$$
$$\cos. w = 1 - 2 \sin. {}^1/_2\, w^2$$
$$= \cos. D - \sin. D \sin. w - 2 \cos. D \sin. {}^1/_2\, w^2$$
$$= \cos. D - w \sin. D - {}^1/_2\, w^2 \cos. D.$$

Setzt man nun in die Gleichung (2), §. 70, d. i.

$$\cos. D' = \sin. h' \sin. H' + \cos. h' \cos. H' \cos. Z,$$

für die darin vorkommenden Grössen die so eben abgeleiteten Werthe, so erhält man:

*) Mendoza y Rios, *Recherches sur les principaux problèmes de l'Astronomie nautique.* Philosoph. Transactions. London. 1796. 4.

$$\cos. D - w \sin. D - \tfrac{1}{2} w^2 \cos. D =$$
$$= (\sin. h + p \cos. h - \tfrac{1}{2} p^2 \sin. h)(\sin. H - r \cos. H) +$$
$$+ (\cos. h - p \sin. h - \tfrac{1}{2} p^2 \cos. h)(\cos. H + r \sin. H) \cos. Z.$$

Entwickelt man diese Producte und lässt man dabei die mit den Factoren rp und $r\,\tfrac{1}{2}p^2$ behafteten ihrer Kleinheit wegen unberücksichtigt, so erhält man:

$$\cos. D - w \sin. D - \tfrac{1}{2} w^2 \cos. D =$$
$$= \sin. h \sin. H + p \cos. h \sin. H - r \sin. h \cos. H - \tfrac{1}{2} p^2 \sin. h \sin. H$$
$$+ \cos. h \cos. H \cos. Z - p \sin. h \cos. H \cos. Z + r \cos. h \sin. H \cos. Z$$
$$- \tfrac{1}{2} p^2 \cos. h \cos. H \cos. Z$$
$$= \sin. h \sin. H + \cos. h \cos. H \cos. Z +$$
$$+ p (\cos. h \sin. H - \sin. h \cos. H \cos. Z -$$
$$- r (\sin. h \cos. H - \cos. h \sin. H \cos. Z) -$$
$$- \tfrac{1}{2} p^2 (\sin. h \sin. H + \cos. h \cos. H \cos. Z).$$

Nach (1) §. 70 ist aber:

$$\sin. h \sin. H + \cos. h \cos. H \cos. Z = \cos. D.$$

Folglich:

$$\cos. D - w \sin. D - \tfrac{1}{2} w^2 \cos. D = \cos. D +$$
$$+ p (\cos. h \sin. H - \sin. h \cos. H \cos. Z) -$$
$$- r (\sin. h \cos. H - \cos. h \sin. H \cos. Z) -$$
$$- \tfrac{1}{2} p^2 \cos. D.$$

Um nun auch die in den Klammern stehenden Ausdrücke in einfacherer Form darzustellen, substituire man den aus (1) §. 70 sich ergebenden Ausdruck

$$\cos. Z = \frac{\cos. D - \sin. h \sin. H}{\cos. h \cos. H} \text{ hinein.}$$

Dadurch erhält man:

$$\cos. h \sin. H - \sin. h \cos. H \cos. Z$$
$$= \cos. h \sin. H - \sin. h \cos. H \frac{\cos. D - \sin. h \sin. H}{\cos. h \cos. H}$$
$$= \cos. h \sin. H - \frac{\sin. h \cos. D - \sin. h^2 \sin. H}{\cos. h}$$
$$= \frac{\cos. h^2 \sin. H - \sin. h \cos. D + \sin. h^2 \sin. H}{\cos. h}$$
$$= \frac{\sin. H (\cos. h^2 + \sin. h^2) - \sin. h \cos. D}{\cos. h}$$
$$= \frac{\sin. H - \sin. h \cos. D}{\cos. h}.$$

Ferner:

$$\sin.h\cos.H - \cos.h\sin.H\cos.Z$$

$$= \sin.h\cos.H - \cos.h\sin.H\,\frac{\cos.D - \sin.h\sin.H}{\cos.h\cos.H}$$

$$= \sin.h\cos.H - \frac{\sin.H\cos.D - \sin.h\sin.H^2}{\cos.H}$$

$$= \frac{\sin.h\cos.H^2 - \sin.H\cos.D + \sin.h\sin.H^2}{\cos.H}$$

$$= \frac{\sin.h\,(\cos.H^2 + \sin.H^2) - \sin.H\cos.D}{\cos.H}$$

$$= \frac{\sin.h - \sin.H\cos.D}{\cos.H}.$$

Durch Substitution dieser Werthe in die obige Gleichung erhält man:

$$\cos.D - w\sin.D - \tfrac{1}{2}w^2\cos.D = \cos.D +$$
$$+ p\left(\frac{\sin.H - \sin.h\cos.D}{\cos.h}\right)$$
$$- r\left(\frac{\sin.h - \sin.H\cos.D}{\cos.H}\right)$$
$$- \tfrac{1}{2}p^2\cos.D,$$

$$w\sin.D = -p\left(\frac{\sin.H - \sin.h\cos.D}{\cos.h}\right) + r\left(\frac{\sin.h - \sin.H\cos.D}{\cos.H}\right)$$
$$+ \tfrac{1}{2}p^2\cos.D - \tfrac{1}{2}w^2\cos.D$$

$$w = -p\left(\frac{\sin.H - \sin.h\cos.D}{\cos.h\sin.D}\right) + r\left(\frac{\sin.h - \sin.H\cos.D}{\cos.H\sin.D}\right)$$
$$+ \tfrac{1}{2}p^2\,\mathrm{cogt}.D - \tfrac{1}{2}w^2\,\mathrm{cotg}.D.$$

Setzt man:

$$p\left(\frac{\sin.H - \sin.h\cos.D}{\cos.h\sin.D}\right) = p\left[1 - \left(1 - \frac{\sin.H - \sin.h\cos.D}{\cos.h\sin.D}\right)\right]$$

$$= p\left(1 - \frac{\cos.h\sin.D + \sin.h\cos.D - \sin.H}{\cos.h\sin.D}\right)$$

$$= p\left(1 - \frac{\sin.(D+h) - \sin.H}{\cos.h\sin.D}\right)$$

$$= p\left(1 - 2\,\frac{\cos.\tfrac{1}{2}(D+h+H)\sin.\tfrac{1}{2}(D+h-H)}{\cos.h\sin.D}\right).$$

Ferner:

$$r\left(\frac{sin.\,h - sin.\,H\ cos.\,D}{cos.\,H\ sin.\,D}\right) = r\left[1 - \left(1 - \frac{sin.\,h - sin.\,H\ cos.\,D}{cos.\,H\ sin.\,D}\right)\right]$$

$$= r\left(1 - \frac{cos.\,H\ sin.\,D + sin.\,H\ cos.\,D - sin.\,h}{cos.\,H\ sin.\,D}\right)$$

$$= r\left(1 - \frac{sin.\,(D + H) - sin.\,h}{cos.\,H\ sin.\,D}\right)$$

$$= r\left(1 - 2\,\frac{cos.\,{}^1\!/_2\,(D + h + H)\ sin.\,{}^1\!/_2\,(D + H - h)}{cos.\,H\ sin.\,D}\right)$$

so erhält man:

$$u = -p + 2\,p\,\frac{cos.\,{}^1\!/_2\,(D + h + H)\ sin.\,{}^1\!/_2\,(D + h - H)}{cos.\,h\ sin.\,D}$$

$$+ r - 2\,r\,\frac{cos.\,{}^1\!/_2\,(D + h + H)\ sin.\,{}^1\!/_2\,(D + H - H)}{cos.\,H\ sin.\,D}$$

$$+ {}^1\!/_2\,p^2\ cotg.\,D - {}^1\!/_2\,w^2\ cotg.\,D.$$

Setzt man in diesem Ausdrucke:

$$2\,p\,\frac{cos.\,{}^1\!/_2\,(D + h + H)\ sin.\,{}^1\!/_2\,(D + h - H)}{cos.\,h\ sin.\,D} = corr.\ \mathrm{I},$$

$$2\,r\,\frac{cos.\,{}^1\!/_2\,(D + h + H)\ sin.\,{}^1\!/_2\,(D + h - H)}{cos.\,H\ sin.\,D} = corr.\ \mathrm{II},$$

$${}^1\!/_2\,p^2\ cotg.\,D = corr.\ \mathrm{III},$$

$${}^1\!/_2\,w^2\ cotg.\,D = corr.\ \mathrm{IV},$$

wobei annäherungsweise $w = p - corr.\ \mathrm{I}$ gesetzt wird; so findet man die wahre Distanz:

$$D' = D + u = D - (p + corr.\ \mathrm{II.}) + (r + corr.\ \mathrm{I})$$
$$+ (corr.\ \mathrm{III} - corr.\ \mathrm{IV}).$$

Durch Substitution [illegible] erhält man:

[illegible]

Setzt man

$$p\left(\frac{\sin. H - \sin. h \cos. D}{\cos. h \sin. D}\right) = p\left[1 - \left(1 - \frac{\sin. H - \sin. h \cos. D}{\cos. h \sin. D}\right)\right]$$

$$= p\left(1 - \frac{\cos. h \sin. D + \sin. h \cos. D - \sin. H}{\cos. h \sin. D}\right)$$

$$= p\left(1 - \frac{\sin. (D + h) - \sin. H}{\cos. h \sin. D}\right)$$

$$= p\left(1 - 2\,\frac{\cos. \tfrac{1}{2}(D + h + H) \sin. \tfrac{1}{2}(D + h - H)}{\cos. h \sin. D}\right).$$

Drittes Buch.

Ueber

Zeitbestimmung im Allgemeinen.

Ueber Bestimmung der Zeit.

Der Tag und das Jahr.

Als Maass der Zeit bedienen wir uns des Zeitraums, in welchem irgend ein Gegenstand eine Bewegung im Raume vollendet. So giebt für kürzere Zeiträume das Zeitintervall, welches über einer Schwingung des Secundenpendels verfliesst, ein bequemes Maass ab. Um grössere Zeiträume zu bestimmen, hat uns die Natur eben so bequeme Mittel an die Hand gegeben. Zuvörderst finden wir ein solches in dem Zeitraume vor, welcher über einer Rotation der Erde oder einer einmaligen Umdrehung derselben um ihre Axe verfliesst. Ferner bietet sich uns in dem über einer Revolution der Erde oder einem einmaligen Umlaufe um die Sonne verfliessenden Zeitraume eine noch grössere Einheit für die Zeitmessung dar. Die über einer einmaligen Rotation der Erde verfliessende Zeit heisst ein Tag; die über einer Revolution verfliessende aber ein Jahr. Auch die Umwälzung oder der Umlauf des Mondes hat zu einem Zeitmaasse, dem Monat nämlich, Veranlassung gegeben. 76

Sterntag und Sternzeit.

Bestimmt man durch Beobachtung die Zeit, welche von dem 77
Durchgange eines Fixsterns durch den Meridian eines Ortes bis zum nächsten Durchgange desselben verfliesst, und wiederholt man dieses, so findet man, dass die beobachteten Zeiträume ein-

ander gleich sind. Einen solchen Zeitraum betrachten die Astronomen als Einheit bei ihrer Zeitmessung und Zeitrechnung und nennen ihn Sterntag.

Als Anfangspunkt desselben haben sie den Augenblick angenommen, in welchem der Frühlingspunkt durch den obern Theil des Meridians geht oder culminirt, als Endpunkt aber den nächstfolgenden Durchgang. Der Sterntag wird in 24 Stunden, diese Stunden aber werden, wie die, nach welchen man im bürgerlichen Leben rechnet, in 60 Minuten, und ebenso die Minuten in 60 Secunden getheilt, so dass auf den Sterntag $24 \times 60 = 1440$ Minuten oder $24 \times 60 \times 60 = 86400$ Secunden kommen. Die Anzahl der seit dem Durchgange des Frühlingspunktes verflossenen Stunden, Minuten u. s. w. heisst Sternzeit des Tages. Die Stunden werden bis zum Beginne eines neuen Tages ununterbrochen bis 24 fortgezählt. Die auf den Sternwarten befindlichen Pendeluhren geben Sternzeit an. Sie werden dem Obigen zufolge so gestellt, dass sie 0^h angeben, wenn der Frühlingsnachtgleichenpunkt im Meridian ist. Sie zeigen 7^h, wenn diejenigen Sterne im Meridian sind, deren gerade Aufsteigung 7^h ist. Die Sternzeit zeigt also den jedesmaligen Stand des Fixsternhimmels an. Obgleich der Frühlingspunkt selbst durch nichts Sichtbares bestimmt ist, so kann man doch die Zeit seines Eintritts in den Meridian leicht bestimmen und zwar mittelst eines jeden Sterns, dessen gerade Aufsteigung bekannt ist. Offenbar geht der Frühlingspunkt um so viel früher als irgend ein Stern durch den Meridian, als die in Zeit ausgedrückte gerade Aufsteigung des Sterns beträgt. In dem Augenblicke, in welchem der Stern in den Meridian eintritt, fällt sein Declinationskreis mit dem Meridian zusammen, und der Frühlingspunkt steht um so viel weiter nach Westen hin vom Meridian ab, als die gerade Aufsteigung des Sterns beträgt. Drückt man diesen Abstand, falls er in Graden, Minuten und Secunden angegeben ist, in Zeit aus, so erhält man die Zeit für den Augenblick, in welchem der Stern in den Meridian eintritt, die sogenannte Sternzeit. Demzufolge lässt sich der Stand und Gang einer Sternzeit zeigenden Uhr durch die Beobachtung der obern Culmination jedes Fixsterns, dessen gerade Aufsteigung genau bekannt ist, leicht und bequem prüfen. Bemerkt muss noch werden, dass bei Angaben nach Sternzeit das Datum nicht so gerechnet wird, als wenn mit 0^h Sternzeit auch ein neuer Tag anfinge, sondern man behält das Datum der mitt-

leren Tage, von welchen sogleich die Rede sein wird, bei. Um auch hier einen bestimmten Anhaltepunkt zu haben, genügt es, für jeden mittlern Mittag die Sternzeit zu kennen. Von dieser wird dann weiter gerechnet, wenn mittlere Zeit in Sternzeit, oder umgekehrt Sternzeit in mittlere Zeit verwandelt werden soll. Die Sternzeit im mittlern Mittage findet man in jedem astronomischen Jahrbuche. Aus Tafel II. lässt sie sich durch einfache Interpolation ableiten.

Verwandlung von Bogen in Zeit.

Die Rotation der Erde geschieht mit gleichförmiger Ge- 78
schwindigkeit. In 24 Sternstunden gehen die 360° des Aequators und jedes Tagkreises durch den Meridian, folglich in jeder Stunde 15° und in jeder Secunde 15'. Umgekehrt braucht jeder Grad, um durch den Aequator zu gehen, 4 Minuten, und jede Bogenminute 4 Secunden in Zeit. Raum und Zeit stehen also hierbei in abhängigem Wechselverhältnisse, so dass es leicht ist, die eine Grösse aus der andern nach der Verhältnissregel abzuleiten. Auf diese Weise wird die Uhr für den Astronomen ein sehr wichtiges Instrument, um Winkel zu messen.

Die Rechnung, um Bogen in Zeit und, umgekehrt, Zeit in Bogen zu verwandeln, führt man bequem auf folgende Weise aus.

Um Bogenmaass in Zeit zu verwandeln, dividirt man die Grade, Minuten und Secunden durch 15. Dann addirt man zu den Quotienten die mit 4 multiplicirten Reste, welche man bei jener Division erhielt, aber so, dass das Vierfache des bei der Division der Grade gebliebenen Restes zu den Minuten, das Vierfache des bei den Minuten gebliebenen Restes zu den Secunden gezählt wird. Das Vierfache des Restes, welches bei der Division der Secunden blieb, sind Tertien. Diese werden noch hinter die übrigen Zahlen geschrieben.

Beispiel. Verwandle 127° 54' 36" in Zeit.

$$\begin{array}{l|l}
 & \;\;15 \\
127^{0}\ 54'\ 36'' & 8^{h}\ 3^{m}\ 2^{s} \\
120^{0}\ 45'\ 30'' & \\
\hline
7^{0}\ \ 9'\ \ 6'' \times 4 = & 28^{m}\ 36^{s}\ 24^{t} \\
\hline
 & 8^{h}\ 31^{m}\ 38^{s}\ 24^{t}.
\end{array}$$

Verwandlung von Zeit in Bogen.

79 Um das Zeitmaass in Bogenmaass zu verwandeln, lässt man vorläufig die Stunden unberücksichtigt, dividirt die Minuten und Secunden durch 4. Der Quotient, welchen man bei der Division der Minuten durch 4 erhält, ist als Grade, der bei der Division der Secunden als Minuten zu betrachten. Darauf multiplicirt man die Stunden, so wie die bei der Division der Zeitminuten und Secunden gebliebenen Reste mit 15, und schreibt die Producte unter jene Quotienten.

Beispiel. Verwandle $5^h\ 46^m\ 12{,}2^s$ in Grade, Minuten und Secunden.

$$\begin{array}{lr|l}
 & 46^m\ 12{,}2^s & \overset{4}{\smile} \quad 11^0\ 3'\ 0'' \\
 & 44^m\ 12 & \\
\hline
5^h & 2^m\ \ 0{,}2^s \times 15 = & 75^0\ 30'\ 3{,}0'' \\
\cline{3-3}
 & & 86^0\ 33'\ 3''.
\end{array}$$

Erklärung der Tafeln XXIII. und XXIV.

80 Bei der Verwandlung der Zeit in Bogen, und umgekehrt, kann man sich auch der Tafeln XXIII. und XXIV. bedienen.

Unter Zuziehung dieser Tafeln nimmt die Berechnung der beiden voranstehenden Aufgaben folgende Form an.

1. Nach Tafel XXIII. sind:

$$\begin{array}{rcl}
127^0 & = & 8^h\ 28^m \\
54' & = & 3^m\ 36^s \\
36'' & = & 2^s\ 24^t \\
\hline
127^0\ 54'\ 36'' & = & 8^h\ 31^m\ 38^s\ 24^t.
\end{array}$$

2. Nach Tafel XXIV. sind:

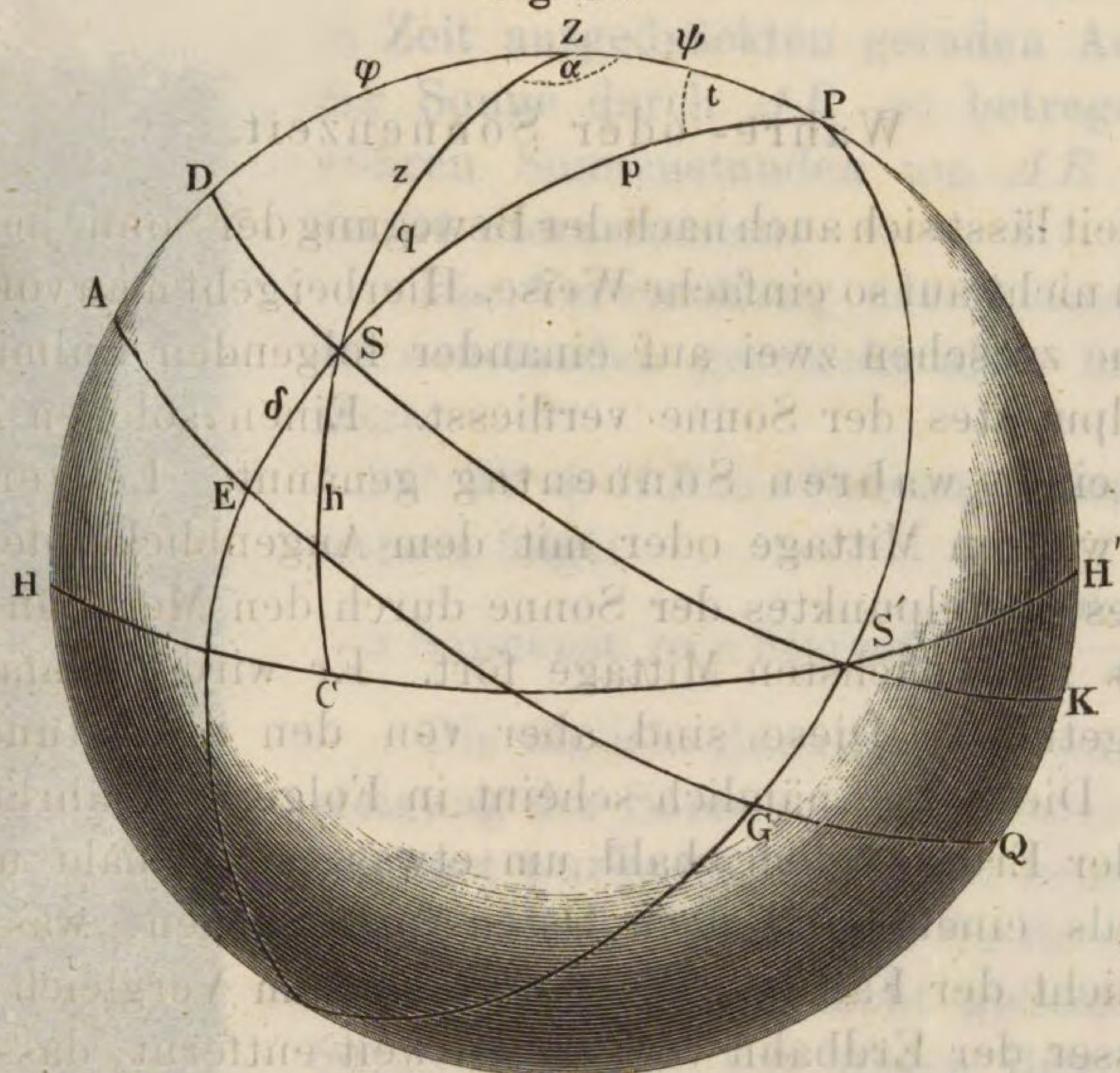
$$\begin{array}{rcl}
5^h & = & 75^0 \\
46^m & = & 11^0\ 30' \\
12^s & = & 3'\ 0'' \\
0{,}2^s & = & 3{,}0 \\
\hline
5^h\ 46^m\ 12{,}2^s & = & 86^0\ 33'\ 3{,}0^s.
\end{array}$$

Stundenwinkel, Sternzeit, Rectascension.

81 Die Sternzeit lässt sich, ausser durch die Beobachtung des Durchganges der Sterne, auch durch die Beobachtung ihrer Höhe

über dem Horizonte bestimmen. Rückt nämlich der Stern S (Fig. 29) nach seiner Culmination in D am Himmel fort, so ent-

Fig. 29.



fernt sich sein Declinationskreis PSE vom Meridian $H'PZDAH$ und bildet mit ihm den Winkel $APE = t$, welcher durch den Bogen AE gemessen wird. Der Winkel $APE = t$ lässt sich für einen Stern, dessen Declination bekannt und dessen Höhe SC man an einem Orte der Erdoberfläche, dessen Breite bekannt ist, gemessen hat, leicht berechnen. In diesem Falle sind nämlich in dem sphärischen Dreiecke ZPS die drei Seiten bekannt. Es ist PZ das Complement der Breite ZA, PS das Complement der Declination SE und ZS das Complement der Höhe SC. Berechnet man nun nach den Regeln der sphärischen Trigonometrie den Winkel $ZPS = t$ in Graden, Minuten und Secunden, und verwandelt diese in Zeit, oder bestimmt man ihn mittelst unsers Diagramms, so kennt man die Zeit, welche seit dem Durchgange des Sterns durch den Meridian verflossen ist. Aus diesem Grunde heisst der Winkel $ZPS = APE = t$ der Stundenwinkel des Sterns. Hierbei zählt man von Süden ausgehend, in der Richtung der täglichen Bewegung der Gestirne über Westen, Norden etc. fort bis 24 Stunden. Wenn der Stundenwinkel bekannt ist, so findet man die Sternzeit nach der Formel

Sternzeit = des Gestirns AR + Stundenwinkel t (in Zeit).

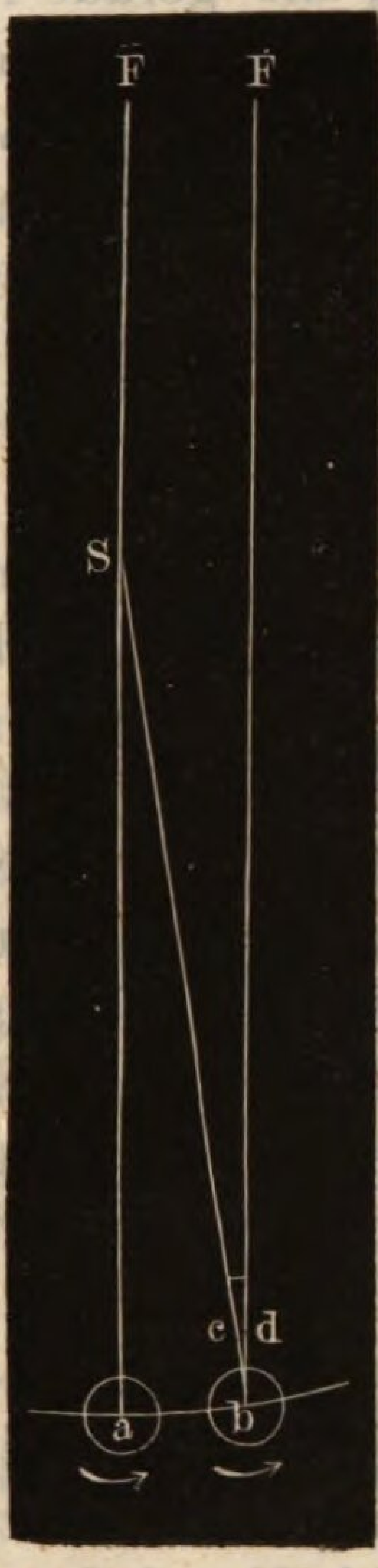
AR bezeichnet hier die gerade Aufsteigung des Gestirns. Wenn die Summe von AR und t grösser ist als 24 Stunden, so muss man 24 Stunden davon abziehen.

Wahre- oder Sonnenzeit.

82 Die Zeit lässt sich auch nach der Bewegung der Sonne bestimmen, wenn auch nicht auf so einfache Weise. Hierbei geht man von der Zeit aus, welche zwischen zwei auf einander folgenden Culminationen des Mittelpunktes der Sonne verfliesst. Einen solchen Zeitraum hat man einen wahren Sonnentag genannt. Letzterer fängt mit dem wahren Mittage oder mit dem Augenblicke des Durchganges des Mittelpunktes der Sonne durch den Meridian an, und dauert bis zum nächsten Mittage fort. Er wird ebenfalls in 24 Stunden getheilt. Diese sind aber von den Sternstunden verschieden. Die Sonne nämlich scheint in Folge der jährlichen Bewegung der Erde täglich, bald um etwas mehr, bald um etwas weniger als einen Grad nach Osten fortzurücken, was bei den Sternen nicht der Fall ist. Die Sterne sind im Vergleich mit dem Durchmesser der Erdbahn von uns so weit entfernt, dass die von einem Sterne nach verschiedenen Punkten der Erdbahn gezogen gedachten geraden Linien betrachtet werden können, als wären sie unter einander parallel, folglich hat die jährliche Bewegung der Erde auf die scheinbaren Orte der Sterne nicht den Einfluss wie dieses bei der Sonne der Fall ist. Es sei S (Fig. 30) die Sonne, ab ein Stück der Erdbahn, aF und bF die Richtung, in welcher der Fixstern F von a und b aus gesehen wird. Wenn die Erde, während sie sich einmal um ihre Axe dreht, den durch ab bezeichneten Theil ihrer Bahn zurückgelegt hat, so erscheint nach vollendeter Rotation der Fixstern F, wegen seiner grossen Entfernung, wieder im Meridian; damit aber auch die Sonne den Meridian wieder erreicht, muss sich die Erde noch um den Winkel dbc drehen, hierüber verfliessen noch etwa $3^m\ 56^s$. Da aber der Theil der Bahn ab, welchen die Erde während einer Rotation zurücklegt, von Tag zu Tag verschieden ist, so gelangt die Sonne zuweilen etwas früher, zuweilen etwas später, als nach $3^m\ 56^s$ in den Meridian. Weil die Länge der Sterntage nur durch die Umdrehung der Erde und das tägliche Rückgehen des Frühlingspunktes nach Westen, welches als gleichmässig betrachtet werden kann, bedingt ist, so sind alle Sterntage einander gleich. Die

Dauer der wahren Sonnentage hingegen ist zu verschiedenen Jahreszeiten verschieden. Bezeichnet man die im Laufe von 24 Sonnenstunden stattfindende Zunahme der in Zeit ausgedrückten geraden Aufsteigung der Sonne durch $\varDelta R$, so betragen die 24 wahren Sonnenstunden um $\varDelta R$ mehr als die 24 Sternstunden.

Fig. 30.



Die Verwandlung der Sternstunden in Sonnenstunden geschieht also, indem man setzt:

$$24^h : 24^h + \varDelta R = n \text{ Sternst.} : x \text{ Sonnenst.},$$

woraus folgt:

$$x \text{ Sonnenst.} = n \text{ Sternst.} \times \frac{24^h + \varDelta R}{24^h}.$$

Die tägliche Zunahme der geraden Auf- 83
steigung der Sonne, welche durch $\varDelta R$ bezeichnet wurde, ist, wie schon bemerkt, nicht immer gleich, einmal, weil die Bewegung der Erde um die Sonne nicht gleichförmig ist, ferner, weil die scheinbare Bewegung der Sonne nicht parallel der Umdrehung der Erde um ihre Axe, sondern in der Ebene der Ekliptik erfolgt, welche gegen den Aequator um einen Winkel von etwa 23° 28′ geneigt ist. Die tägliche Zunahme der geraden Aufsteigung der Sonne oder die verschiedenen Verspätungen der Sonne gegen die Sterne während 24 Stunden ergeben sich, wenn man sich durch die Endpunkte der ungleichen Bogen der Ekliptik, welche die Sonne täglich scheinbar zurücklegt, grösste Kreise gelegt denkt, deren Ebenen senkrecht auf dem Aequator stehen. Mit dem Wechsel der Länge der Sonnentage ändert sich gleichzeitig die Länge der Stunden, Minuten u. s. w. Daher können Uhren, welche einen gleichförmigen Gang haben sollen, mit dieser veränderlichen Zeit nicht übereinstimmen *). Um die Uhren aber dennoch durch die Bewegung der Sonne reguliren zu können, ist man auf die Annahme einer

*) Der Versuch, Uhren anzufertigen, welche ihren Gang der Ungleichheit der wahren Sonnentage entsprechend ändern, ist allerdings auch schon gemacht.

mittlern Sonne gekommen. Man denkt sich nämlich eine Sonne, welche in einem Jahre mit gleichförmiger Bewegung den Umfang des Aequators durchläuft. Hierbei wird vorausgesetzt, dass wenn die wahre Sonne sich in der Erdnähe befindet, die gerade Aufsteigung der fingirten Sonne dem Abstande der wahren Sonne in der Ekliptik vom Frühlingspunkte gleich ist. Von dieser Voraussetzung ausgehend, ist es nicht schwer, den Ort der eingebildeten Sonne am Himmel für jeden Augenblick zu berechnen.

Mittlere Zeit.

84 Die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden Durchgängen der eingebildeten Sonne durch einen bestimmten Meridian verfliesst, heisst ein mittlerer Tag, und der Augenblick des Durchganges durch den Meridian der mittlere Mittag. Der Zeitunterschied zwischen dem wahren und mittlern Mittage, oder, was dasselbe ist, der Unterschied zwischen der geraden Aufsteigung der wahren und eingebildeten Sonne heisst die Zeitgleichung.

Legt man bei der Zeitbestimmung den mittlern Tag als Einheit zum Grunde, so spricht man von mittlerer Zeit, wogegen die durch die Bewegung der wahren Sonne gemessene Zeit wahre Zeit heisst.

Die Zeitgleichung dient zur Verwandlung der wahren Sonnenzeit in mittlere, und umgekehrt. Sie ändert sich allaugenblicklich. In den astronomischen Jahrbüchern ist sie für den Mittag eines jeden Tages im Jahre angegeben. Aus Tafel IV. erhält man sie durch Interpolation. Das Verfahren hierbei ist in der den Tafeln vorangestellten Erklärung angegeben.

Mittlere Zeit und Sternzeit.

85 Die mittleren Tage, welche alle einander gleich sind, übertreffen den Sterntag um

$3^m\ 55{,}909^s$ mittlere, oder

$3^m\ 56{,}555^s$ Sternzeit.

Um daher die Zahl von m Stunden Sternzeit in M Stunden mittlere Zeit zu verwandeln, setzt man

$$24^h + 3^m\ 56{,}555^s : 24 = m : M \text{ oder}$$

$$24^h : 24^h - 3^m\ 55{,}909^s = m : M,$$

daraus folgt

$$M = m\,\frac{24^h}{(24^h + 3^m\,56{,}555^s)}$$

oder auch

$$M = m\,\frac{(24^h - 3^m\,55{,}909^s)}{24^h}.$$

Bequemer und schneller, als mittelst der nach dieser Formel geführten Rechnung, reducirt man jedes Sternzeitintervall auf mittlere Zeit durch Anwendung der Tafel XXV.

Sonnenzeit und Sternzeit.

Ebenso lässt sich aus Sternzeit Sonnenzeit, oder umgekehrt 86
aus Sonnenzeit Sternzeit ableiten. Wenn man nämlich den Stundenwinkel der Sonne in Zeit ausdrückt, so erhält man die wahre Zeit oder die Zahl von Sonnenstunden, welche seit dem vorhergehenden Mittage verflossen sind. Bezeichnet man die Zahl der Sonnenstunden durch n, die gerade Aufsteigung der Sonne für den Mittag desjenigen Orts der Erdoberfläche, für welchen man die Sternzeit s zu bestimmen hat, durch $AR\odot$, die Zunahme der $AR\odot$ im Laufe von 24_h durch $\varDelta$, so erhält man (§. 81):

$$\text{die Sternzeit } s^h = AR\odot + \frac{n^h}{24^h}\varDelta + n.$$

Wenn s^h bekannt ist und n bestimmt werden soll, so drückt folgende Formel den Zusammenhang zwischen beiden aus:

$$n = s - AR\odot - \frac{(s - AR\odot)^h}{24^h}\varDelta'.$$

Hier ist unter $\varDelta'$ die Zunahme der Rectascension in 24 Sternstunden, unter n^h die Anzahl von Stunden und Bruchtheilen von Stunden, welche in n enthalten sind, zu verstehen. Dasselbe gilt von $(s - AR\odot)^h$.

Wenn die wahre oder Sonnenzeit berechnet werden soll, so bezeichnet $AR\odot$ die gerade Aufsteigung der wirklichen Sonne im wahren Mittage. In diesem Falle ist n der in Zeit ausgedrückte Stundenwinkel. Will man aber mittlere Zeit erhalten, so bezeichnet $AR\odot$ die gerade Aufsteigung der mittlern Sonne bei ihrem Eintritte in den Meridian, oder, was dasselbe ist, die Sternzeit im mittlern Mittage. Für diesen Fall sind $\varDelta$ und $\varDelta'$ beständige Werthe, und die Berechnung wird durch den Gebrauch der Tafel XXVI. sehr vereinfacht.

87 Das im Voranstehenden über die Verwandlung der einen der Zeitangaben, wahre Zeit, mittlere Zeit und Sternzeit, in eine der andern Gesagte, soll jetzt durch einige Beispiele veranschaulicht und die Anwendung davon gezeigt werden.

1. Verwandlung der wahren Zeit in mittlere Zeit.

88 Zuvörderst bestimmt man die Zeitgleichung. Aus Tafel IV. sowie aus den astronomischen und nautischen Jahrbüchern erhält man die Zeitgleichung für mittlere Zeit, mithin müsste man eigentlich die mittlere Zeit schon kennen, um das richtige Argument zu haben. Um genau zu verfahren, lege man also zu der gegebenen wahren Zeit, die in Tafel IV. neben dem betreffenden Monatstage stehende Zeitgleichung hinzu und gehe damit in die Tafel ein. Der Fehler in der berechneten Zeitgleichung, wenn man die wahre Zeit unmittelbar als Argument benutzt, beträgt aber höchstens $0{,}16^s$, daher ist es in den meisten Fällen, und auf See wohl immer, gleichgültig, ob man das eine, oder das andere Verfahren anwendet. Bei diesen Verwandlungen von Zeit ist es sodann am zweckmässigsten, zuerst auf Greenwicher Zeit überzugehen.

Beispiel 1. Es sei 1857 Juni 2 in 26^0 ($1^h\ 44^m$) östlicher Länge die wahre Zeit $4^h\ 52^m\ 16^s$ gefunden, man will die mittlere Zeit wissen. Zuvörderst zieht man die östliche Länge $1^h\ 44^m$ von der gegebenen wahren Zeit ab. Der Rest, welchen man erhält, $3^h\ 8^m\ 16^s$, muss, als die dem Zeitpunkte entsprechende wahre Zeit zu Greenwich, in mittlere Zeit verwandelt werden.

In Tafel IV. steht neben Juni 2 die Zeitgleichung $2^m\ 27{,}8^s$ mit der stündlichen Bewegung 0,38, das Argument ist $3^h\ 8^m\ 16^s$ wahre Zeit oder $3^h\ 6^m$ mittlere Zeit. Addirt man diese zu den neben 1857 stehenden $18^h\ 57^m$, so erhält man $22^h\ 3^m$ oder 22,05, welche mit 0,38 multiplicirt $8{,}3^s$ geben. Subtrahirt man diese Zahl von $-\ 2^m\ 27{,}8^s$, weil diese letztere Zahl im Abnehmen begriffen ist, so erhält man als die verlangte Zeitgleichung $-\ 2^m\ 19{,}5^s$. Wird diese Zahl zu der wahren Zeit $3^h\ 8^m\ 16^s$ unter Berücksichtigung des Zeichens hinzugelegt, also subtrahirt, so erhält man die mittlere Zeit zu Greenwich $= 3^h\ 5^m\ 57^s$. Diese wird schliesslich dadurch auf die mittlere Ortszeit zurückgeführt, dass man den Längenunterschied $1^h\ 44^m$ wieder dazu addirt. Die Rechnung stellt sich folglich so:

Gegebene wahre Zeit	$= 4^h\ 52^m\ 16^s$
$1^h\ 44^m$ östliche Länge.	$= 1^h\ 44^m\ 0^s$
Wahre Zeit zu Greenwich . . .	$= 3^h\ 8^m\ 16^s$.

Zeitgleichung Juni 2. . =	$2^m\ 27{,}8^s$
Proportionalthl. für $22{,}05^h$ stündliche Bewegung . . .	$0^m\ 8{,}3^s$
	$= -2^m\ 19{,}5^s$.

Mittlere Zeit zu Greenwich . . .	$3^h\ 5^m\ 56{,}5^s$
$1^h\ 44^m$ östliche Länge	$1^h\ 44^m\ 0^s$
Mittlere Ortszeit	$4^h\ 49^m\ 56{,}5^s$.

Beispiel 2. Am 10. November 1857, Morgens, sei unter 30^0 ($2^h\ 0^m$) westlicher Länge der Stundenwinkel $3^h\ 11^m\ 25^s$ gefunden, es soll die mittlere Ortszeit bestimmt werden.

Zuvörderst muss man hier den Stundenwinkel von 24^h abziehen, um die wahre Ortszeit zu erhalten. Man erhält für letztere November 9. $20^h\ 48^m\ 35^s$. Dieser Zahl fügt man die Zeit für den Meridianabstand bei, addirt dann noch zu der dadurch gefundenen mittlern Zeit zu Greenwich November 9. $22^h\ 48^m\ 35^s$ die neben 1857 stehende Zahl $18^h\ 54^m$ und bestimmt nun für die Summe November 10. $17^h\ 43^m$ mittelst der Tafel IV. die Zeitgleichung.

Man erhält demnach:

	$24^h\ 0^m\ 0^s$
Stundenwinkel	$3^h\ 11^m\ 25^s$
Gegebene wahre Zeit	$20^h\ 48^m\ 35^s$
Meridianunterschied	$2^h\ 0^m\ 0^s$
Wahre Zeit zu Greenwich	$22^h\ 48^m\ 35^s$.

Nach Tafel IV. ist die Zeitgleichung für November 10	$15^m\ 58{,}9^s$
Proportionaltheil für . $17^h\ 43^m = 17{,}72$ Stündliche Bewegung $0{,}22$	. $3{,}9^s$
Gesuchte Zeitgleichung	$15^m\ 55^s = 15^m\ 55^s$.

Mittlere Zeit zu Greenwich	$22^h\ 32^m\ 40^s$
Meridianunterschied	$2^h\ 0^m\ 0^s$
Gesuchte mittlere Ortszeit	$20^h\ 32^m\ 40^s$.

2. Verwandlung der mittlern Zeit in wahre Zeit.

89 Man bestimme für die gegebene Zeit die Zeitgleichung und lege diese zu der gegebenen Zeit, aber mit einem Zeichen, welches das Umgekehrte des in Tafel IV. vor der Zeitgleichung stehenden ist.

3. Verwandlung der mittlern Zeit in Sternzeit.

90 Die mittlere Zeit wird in Sternzeit verwandelt, indem man für die gegebene Anzahl von Stunden, Minuten und Secunden aus Tafel XXVI. die Beschleunigung der Sternzeit gegen mittlere Sonnenzeit nimmt, diese zur mittlern Zeit addirt und zum Schlusse die Sternzeit im mittlern Mittage hinzufügt. Ist die Summe grösser als 24^h, so werden 24^h davon subtrahirt.

Beispiel. 1857, August 23. $13^h\ 7^m\ 48{,}9^s$ mittlere Zeit soll in Sternzeit verwandelt werden.

Nach Tafel XXVI. ist:

13^h mittlere Zeit	=	$13^h\ 2^m\ 8{,}134^s$	Sternzeit
7^m „ „	=	$7^m\ 1{,}150^s$	„
$48{,}9^s$ „ „	=	$49{,}033^s$	„
zusammen . . .	=	$13^h\ 9^m\ 58{,}317^s$	
Sternzeit im mittlern Mittage (T. III.)		$10^h\ 6^m\ 54{,}0^s$	
Gesuchte Sternzeit	=	$23^h\ 16^m\ 52{,}3^s$.	

4. Verwandlung der Sternzeit in mittlere Zeit.

91 Um Sternzeit in mittlere Zeit zu verwandeln, subtrahirt man zuvörderst die Sternzeit im zunächst vorhergehenden mittlern Mittage von der gegebenen Sternzeit, welche, wenn sie kleiner als jene ist, um 24^h vermehrt wird. Die Stunden, Minuten und Secunden des Restes werden dann mit Hülfe der Tafel XXV. in mittlere Zeit verwandelt.

Beispiel. 1857, November 8. $6^h\ 15^m\ 46{,}9^s$ Sternzeit sollen in mittlere Zeit verwandelt werden.

Gegebene Sternzeit,	$24 + 6^h\ 16^m\ 15{,}3^s$
Nov. 8, Sternz. im mittlern Mittage (T. III.)	$15^h\ 10^m\ 28{,}7^s$
	Rest $15^h\ 5^m\ 46{,}6^s$.

Die Verzögerung der mittlern Zeit gegen Sternzeit beträgt nach Tafel XXV. für:

	$15^h =$	$2^m\ 27{,}443^s$
	$5^m =$	$0{,}819^s$
	$46{,}6^s =$	$0{,}142^s$
Summe		$2^m\ 28{,}404^s$,
abgezogen von . . .		$15^h\ 5^m\ 46{,}6^s$
Gesuchte mittlere Zeit		$15^h\ 3^m\ 18{,}2^s$.

Das Voranstehende findet Anwendung bei folgenden Aufgaben.

Berechnung der Culminationszeit eines Fixsterns.

Erster Fall. Wenn die Rectascension des Sterns grösser 92
ist als die der Sonne, so steht der Stern östlich von der Sonne und kommt nach ihr zur Culmination. Es sei nun die Rectascension des Sterns an dem der Culmination unmittelbar vorhergehenden mittlern Mittage $= AR\ast$, die Sternzeit im mittlern Mittage aber $= AR\odot$, so steht der Stern an diesem Mittage um $AR\ast - AR\odot$ östlich vom Meridian und es verfliessen bis zum Augenblicke der Culmination des Sterns noch so viel Stunden, Minuten und Secunden Sternzeit, als der Bogen $AR\ast - AR\odot$ in Zeit ausgedrückt beträgt. Nun kommt aber jeder Fixstern täglich um $3^m\ 35{,}909^s$ mittlere Zeit früher in den Meridian als die Sonne, folglich muss man, um mittlere Zeit zu erhalten $AR\ast - AR\odot$ noch um die Grösse vermindern, welche die in dieser Zeit geschehene Beschleunigung des Fixsterns ausdrückt, oder mit anderen Worten, man muss die durch $AR\ast - AR\odot$ ausgedrückte Sternzeit in mittlere Sonnenzeit verwandeln. Die Rectascension der Sonne und die des Sterns für den gegebenen Tag findet man in dem *Nautical Almanac*, oder einem andern astronomischen Jahrbuche, oder bestimmt sie nach Tafel III. und Tafel IV.

Beispiel 1. Um welche Zeit culminirt Wega (α Lyrae) am 20. Juli 1856 zu Emden.

Gerade Aufsteigung α Lyrae am 20. Juli .	$18^h\ 32^m\ 6{,}2^s$
Juli 20, Sternzeit im mittlern Mittag zu Emden (Tafel III.)	$7^h\ 53^m\ 44{,}3^s$
Die Culminationszeit in Sternzeit	$10^h\ 38^m\ 21{,}9^s$

Die Verzögerung der mittleren Zeit gegen Sternzeit beträgt nach Tafel XXV. für:

10^h	$1^m\ 38{,}296^s$	
38^m	$6{,}225^s$	
$22{,}9^s =$	$0{,}063^s$	
$10^h\ 38^m\ 22{,}9^s$		$1^m\ 44{,}58^s$
Mittlere Zeit der Culmination		$10^h\ 36^m\ 37{,}42^s$.

Zweiter Fall. Die Geradaufsteigung des Sterns ist kleiner als die der Sonne. In diesem Falle addirt man zu ersterer 24^h, im Uebrigen verfährt man wie vorher.

Beispiel 2. Um welche Zeit culminirt Menkar (α Ceti) am 25. August 1857 für Emden?

Gerade Aufsteigung α Ceti am 20. August . . .	$2^h\ 54^m\ 51^s$
	$+ 24^h$
	$26^h\ 54^m\ 51^s$
Aug. 25. Sternz. im mittlern Mittage für Emden	$10^h\ 14^m\ 41^s$
	$16^h\ 40^m\ 10^s$

Verzögerung für 16^h	$2^m\ 37{,}273^s$	
40^m	$6{,}553^s$	
10^s	$0{,}027^s$	
$16^h\ 39^m 10^s$		$2^m\ 43{,}9^s$
Mittlere Zeit der Culmination		$16^h\ 36^m\ 26^s$.

Die Culminationszeit der Planeten und des Mondes

93 findet man in den astronomischen Jahrbüchern und nautischen Ephemeriden für den Meridian der Ephemeriden. Für jeden andern Meridian findet man sie, indem man mit der Meridiandifferenz interpolirt. Hierbei wird die zweier aufeinander folgenden Durchgänge mit einem Bruche multiplicirt, dessen Zähler die in Graden, oder Stunden, angegebene Meridiandifferenz, dessen

Nenner aber 360°, oder 24^h ist. Das Product, welches man erhält, wird addirt, oder subtrahirt, je nachdem man sich in östlicher oder westlicher Länge befindet.

Beispiel. Soll für 1856 Juli 23 in 67° oder $4^h\ 28^m$ westlicher Länge die Zeit des Meridiandurchganges des Mondes bestimmt werden, so nimmt man zuvörderst die Zeit, um welche der Mond an diesem Tage zu Greenwich im Meridian ist.

In dem Jahrbuche findet man hierfür:		$17^h\ 27{,}7^m$
Meridiandurchgang am 24. Juli . .		$18^h\ 18{,}0^m$
den Unterschied	=	$50{,}3^m$

multiplicirt man mit

$$\frac{67}{360} \text{ oder } \frac{4^h\ 28^m}{24} = 0{,}186,$$

und addirt man das Product . . .	=	$9{,}4^m$
	zu	$17^h\ 27{,}7^m$
so erhält man		$17^h\ 37{,}1^m$

als die Durchgangszeit des gegebenen Ortes in mittlerer Zeit.

Wenn der Ort aber unter 67° östlicher Länge läge, so müsste man die Differenz zwischen der Durchgangszeit am 24. Juli und am vorhergehenden Tage $= 16^h\ 39{,}1^m$ berechnen und diese mit 0,186 multipliciren, das Product 8,2 aber von $17^h\ 27{,}7^m$ abziehen. Auf diese Weise würde sich $17^h\ 27{,}7^m - 8{,}2^m = 17^h\ 19{,}5^m$ als die mittlere Ortszeit für den Durchgang des Mondes herausstellen.

Wenn man bei dieser Rechnung die zweiten Differenzen vernachlässigt, so kann die gefundene Zahl von der wahren um $0{,}5^m$ abweichen.

Aufgabe. Den Stundenwinkel eines Gestirns zu finden, wenn die Ortszeit und Länge des Beobachtungsortes bekannt sind.

Um den Stundenwinkel zu erhalten, verwandelt man die Orts- 94
zeit in Sternzeit und zieht von dieser die gerade Aufsteigung des Sterns ab.

Beispiel 1. Es werde der Stundenwinkel des Regulus 1856, August 7, $10^h\ 17^m$ in 7° 12,8′ östlicher Länge gesucht.

Gegebene Ortszeit	=	$10^h\ 17^m\ 0^s$,
7° 12,8′ östliche Länge . . .	—	$28^m\ 51{,}2^s$
Greenwicher mittlere Zeit . .	=	$9^h\ 48^m\ 8{,}8^s$

$9^h\ 48^m\ 8{,}8^s$ (Tafel XXVI.)	=	$9^h\ 49^m\ 25{,}42^s$
Sternz. im mittl. Mittage (Tafel III.)	=	$9^h\ 4^m\ 45{,}4^s$
Greenw. Sternzeit	=	$18^h\ 54^m\ 10{,}8^s$
Meridiandifferenz	=	$28^m\ 51{,}2^s$
Orts-Sternzeit	=	$19^h\ 23^m\ 2{,}2^s$
Gerade Aufsteigung des Regulus .	=	$10^h\ 0^m\ 42,$
Stundenwinkel des Regulus	=	$9^h\ 22^m\ 20{,}2^s$.

Anm. 1. Die Kenntniss der Länge ist nur erforderlich, um die Greenwicher Zeit als das Argument der Tafeln und der Ephemeriden zu bestimmen, daher kommt es auf deren vollkommen genaue Kenntniss weniger an, als auf die der Ortszeit. Diese muss völlig genau bekannt sein.

Anm. 2. Wenn die Sternzeit kleiner ist als die gerade Aufsteigung des Sterns, so vergrössert man sie um 24 Stunden.

Anm. 3. Ist der Stundenwinkel grösser als 12^h, so steht das Gestirn auf der östlichen Seite des Meridians, ist er kleiner, so befindet es sich auf der Westseite.

Viertes Buch.

Die

tragbaren astronomischen Instrumente.

I. Die Uhren.

Die verschiedenen Arten der Uhren.

Für den Astronomen ist die Uhr nicht allein ein zeitmes- 95
sendes, sondern eben so sehr und vorzugsweise ein winkelmessendes Instrument.

Die zur möglichst genauen Bestimmung von Zeit und Winkeln gebräuchlichen Uhren unterscheiden sich wesentlich. Die der einen Art erfordern einen festen Standort und müssen während ihres Gebrauchs an einem und demselben Orte belassen werden. Bei den anderen ist dieses kein wesentliches Erforderniss, sie setzen ihren Gang in jeder beliebigen Lage fort; man kann sie daher auch auf Reisen gebrauchen. Bei jenen, den Pendeluhren, ist der Gang durch die von der Erdschwere abhängigen gleichförmigen Schwingungen eines Pendels bedingt. Bei den tragbaren Uhren ist für das Pendel die Unruhe (Balancier) angebracht, welche durch eine starke Spiralfeder in Bewegung gesetzt wird. Die Pendeluhr ist eine Erfindung des berühmten holländischen Naturforschers Huygens (1657). Dieser verfertigte aber im Jahre 1665 auch schon eine Reiseuhr mit der erwähnten Unruhe, die so gleichförmig ging, dass sie bei einer Reise nach Guinea und zurück auf der Rückreise die Länge der Insel Fuego am grünen Vorgebirge mit grosser Genauigkeit angab.

Die astronomische Pendeluhr.

Bei der astronomischen Pendeluhr vermittelt der mit dem 96
Pendel in Verbindung stehende Graham'sche Haken, als das

beste Stosswerk die Bewegung des Pendels und des Räderwerkes, weshalb von der correcten Ausführung dieses Hakens der gleichförmige Gang der Uhr vorzugsweise mit abhängt. Das Gewicht, welches an der in der Uhr befindlichen Walze angebracht ist und dessen Schwere das System der gezähnten Räder in Bewegung setzt, mit deren Achsen die Zeiger der Uhr in Verbindung stehen, ertheilt zugleich dem Pendel am Anfange jeder neuen Schwingung einen kleinen sich immer gleich bleibenden Anstoss, durch welchen das ersetzt wird, was durch den Widerstand der Luft und die Reibung an Grösse der Bewegung verloren geht. Ohne das Gewicht würde das Pendel mit der Zeit zur Ruhe kommen. Das Räderwerk der Uhr muss so einfach wie möglich ausgeführt werden.

Der Gang einer Pendeluhr hängt von der Schwingungsdauer ihres Pendels, diese aber von der Länge des letztern ab, indess ist die Schwingungsdauer eines und desselben Pendels an verschiedenen Orten der Erdoberfläche je nach ihrer geographischen Breite verschieden. Schon im Jahre 1672 wurde dieses von Richer beobachtet. Ein Pendel, dessen Schwingungsdauer zu Paris eine Secunde betragen hatte, musste er auf der Insel Cayenne um 1,25 Linien verkürzen, wenn es auch dort Secunden schlagen sollte. Das folgende Täfelchen enthält die durch Beobachtung gefundene Länge eines Secundenpendels in Millimetern:

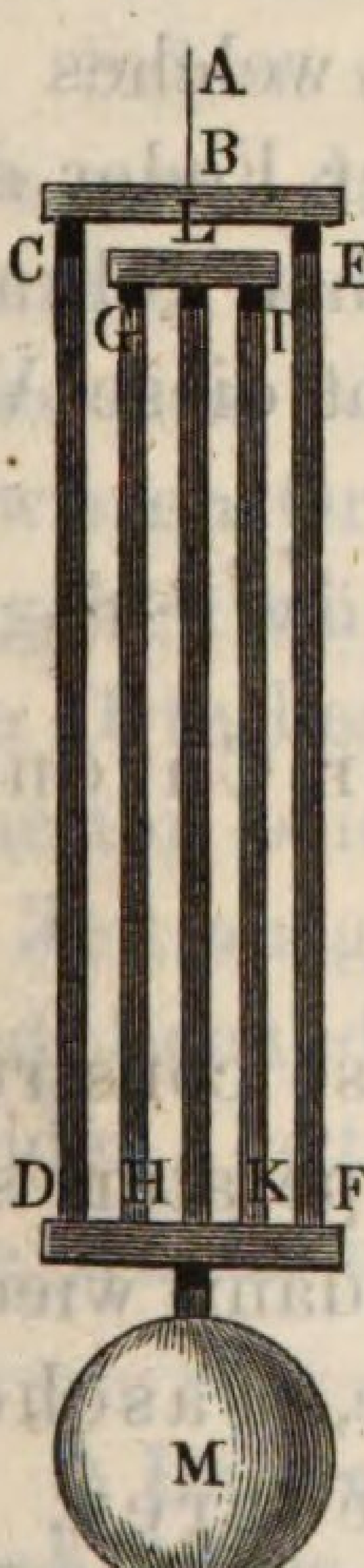
Ort.	Breite.	Pendellänge.	Beobachter.
St. Thomas	0° 24′ 21″	991,111mm	Sabine
Jamaica	17 56 7	991,472	Sabine
Barcellona	41 23 15	993,232	Biot
Paris	48 50 14	993,861	Kater
London	51 31 8	994,123	Kater
Altona	53 32 45	994,352	Schumacher
Drontheim	63 25 54	995,013	Sabine
Spitzbergen	79 49 58	996,036	Sabine.

Die hier aufgeführten Pendellängen sind die des einfachen Pendels. Das einfache Pendel besteht aus einem sehr feinen Faden und einem daran befestigten Gewicht. Bei diesem denkt man sich die Schwere in einem einzigen Punkte vereinigt. Die

Schwere des Fadens ist gegen die des Gewichts eine verschwindend kleine Grösse. Im Gegensatze zu dem einfachen Pendel heisst ein Pendel, bei welchem die Schwere sämmtlicher Punkte in Betracht kommt, wie dieses bei den an den Uhren befindlichen Pendeln der Fall ist, ein zusammengesetztes Pendel. Bei diesem heisst ein Punkt, welcher vom Aufhängepunkte dieselbe Entfernung hat, wie der Schwerpunkt eines einfachen Pendels, welches Schwingungen von gleicher Dauer mit jenem macht, sein Schwingungspunkt oder Mittelpunkt des Schwunges.

Der Abstand des Schwingungspunktes vom Aufhängepunkte wird durch die Temperatur verändert. Durch Wärme wird er vergrössert, durch Kälte verringert. Ersteres hat zur Folge, dass die Uhr langsamer, letzteres, dass sie rascher geht. Um daher eine immer gleichförmig gehende Pendeluhr zu construiren, ist in erster Stelle erforderlich, der Pendelstange eine solche Einrichtung zu geben, dass der Abstand des Mittelpunktes des Schwunges vom Aufhängepunkte immer derselbe bleibt. Diese Aufgabe hat schon Harrison 1726, durch die Verfertigung des Compensations-Rostpendels gelöst. Dieses ist aus Stangen von zwei verschiedenen Metallen zusammengesetzt, welche durch die Wärme ungleich ausgedehnt werden. Zwei Eisenstangen DC und FE (Fig. 31) tragen den Steg DF, von diesen aus gehen die Zinkstangen HG und KJ nach oben und tragen den Steg GJ, dieser letztere aber trägt wieder die Eisenstange, woran die Linse befestigt ist. Die Länge der Stäbe ist nun so bestimmt, dass die Linse des Pendels eben so weit, wie sie sich durch die Ausdehnung der Eisenstangen nach unten senkt, durch die Ausdehnung der Zinkstangen wieder nach oben gehoben wird.

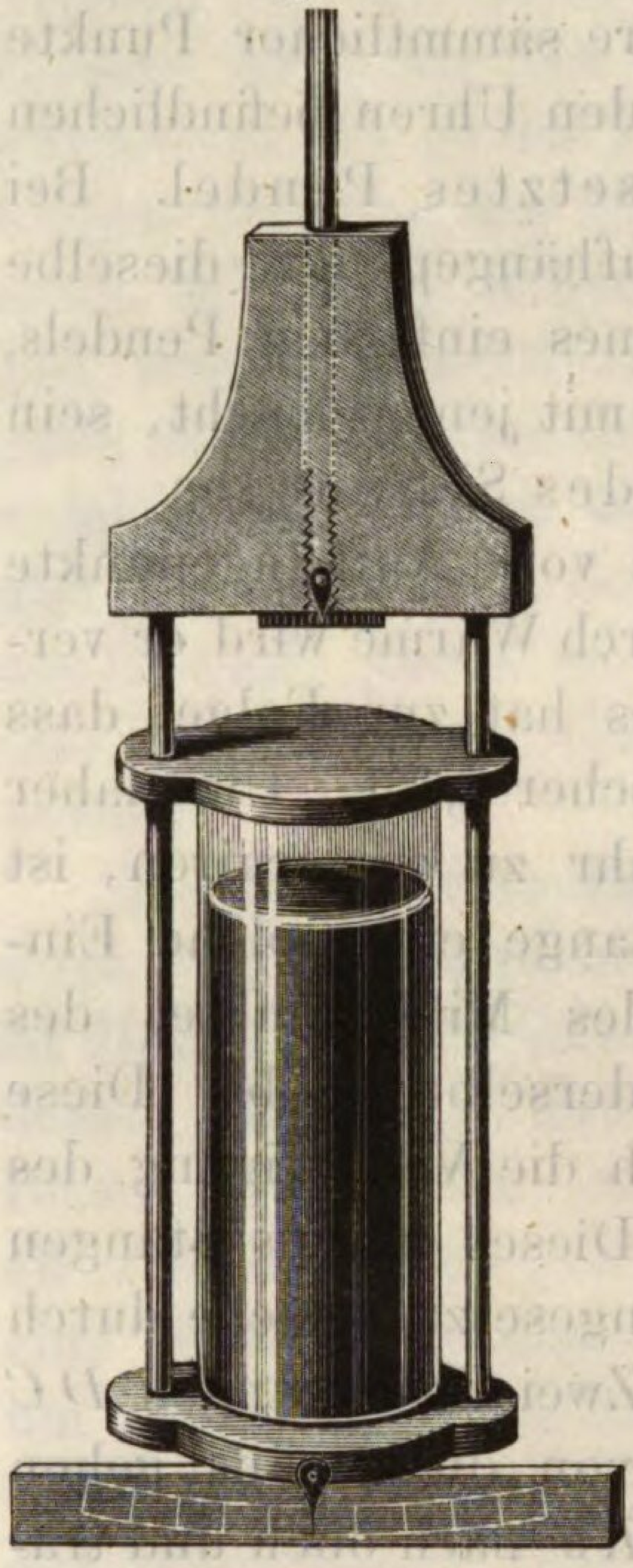
Fig. 31.



Eine andere Vorrichtung zur Compensation ist das Quecksilberpendel. Bei diesem ist ein mit Quecksilber angefüllter Glascylinder am Ende einer Eisenstange befestigt, wie Fig. 32 (a. f. S.) zeigt. Unter dem Einflusse der Wärme wird hier die Eisenstange und das Quecksilber zugleich ausgedehnt. Während aber die Eisenstange sich nach unten verlängert, steigt das Quecksilber im Glascylinder in die Höhe. Wenn sich nun eine gehörige Menge Quecksilber im Cylinder befindet,

so wird der Mittelpunkt des Schwunges in constanter Entfernung vom Aufhängepunkte verharren und die Schwingungsdauer des Pendels bei jeder Temperatur dieselbe bleiben.

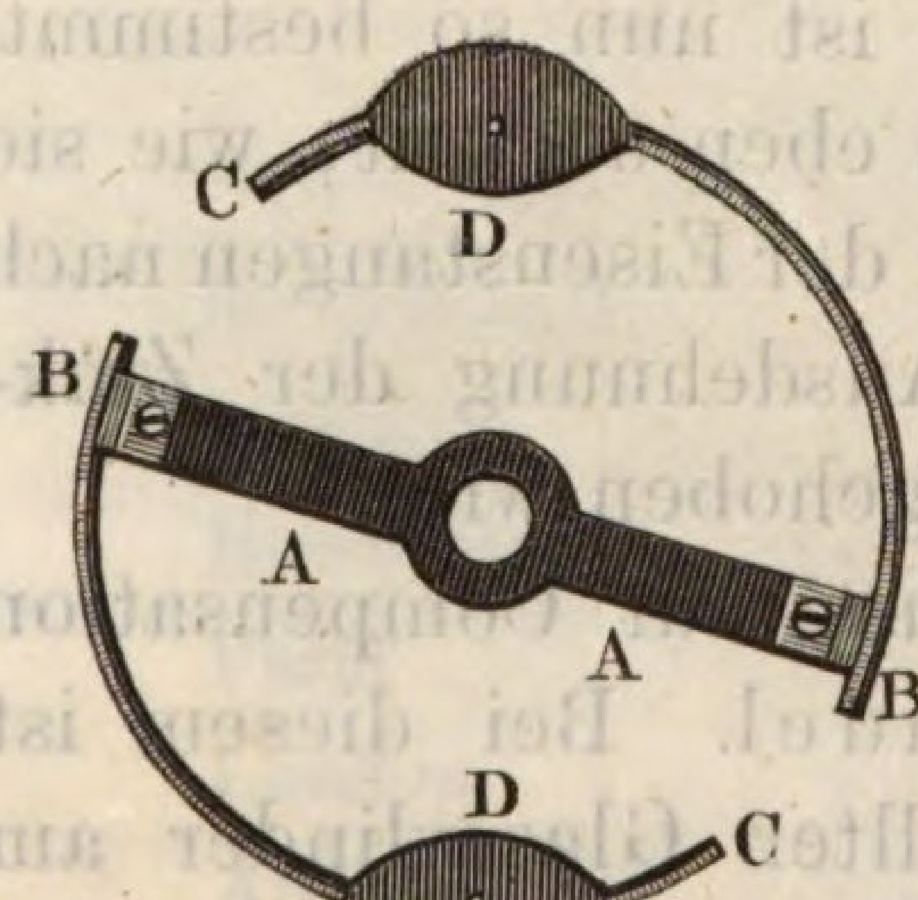
Fig. 32.



Die tragbaren Uhren.

97 Der Gang der tragbaren Uhren, welcher durch eine elastische Feder bewirkt wird, ist ebenso, wie der der Pendeluhren, dem Einflusse der Temperatur unterworfen, indem ein Wechsel letzterer eine Veränderung einerseits in den Dimensionen der Kreisbalance, andererseits in der Elasticität der Feder zur Folge hat. Aus diesem doppelten Grunde schwingt die Balance bei niedriger Temperatur rascher als bei höherer. Um den Gang dieser Uhren dem wechselnden Einflusse der Temperatur zu entziehen, bringt man am Stege der Unruhe eine halbkreisförmig gebogene Doppelfeder aus Stahl und Messing, oder auch aus Platin und Silber an, an deren Ende sich ein Gewicht befindet, welches bei einer höheren Temperatur der Feder dem Mittelpunkte der Unruhe näher gebracht wird. Fig. 33 veranschaulicht diese Vorrichtung.

Fig. 33.



Verschiedene Arten der Chronometer.

98 Tragbare Uhren, welche so construirt sind, dass ihr Gang auch beim Wechsel der Temperatur sich gleichbleibt, nennt man Chronometer. Diese sind dann wieder, je nach ihrer äussern Einrichtung und dem Zwecke, Taschenchronometer, oder Dosenchronometer oder Seeuhren.

Das Taschenchronometer (*Pocket Chronometer*) hat die Gestalt und Grösse einer Taschenuhr, und kann wie diese in der

Tasche getragen werden. Ueber Nacht muss es in einem Kästchen in senkrechter Lage aufbewahrt werden.

Das Dosenchronometer (Boxchronometer oder die Seeuhr) (*Box-Chronometer*, *horloge marine*) ist gewöhnlich grösser als das Taschenchronometer und in einem Kästchen, ähnlich wie der Compass, in zwei Ringen aufgehängt, damit seine Lage unverändert bleibt, wenn sich auch die Stellung des Kästchens ändert, in welchem es sich befindet.

Schriften über astronomische Uhren.

Eine vollständige Beschreibung und Erklärung des innern 99
Baues der Chronometer und astronomischen Pendeluhren liegt ganz ausser dem Kreise einer Schrift, wie die vorliegende ist. Wer sich eine genaue Kenntniss der Einrichtung der Chronometer verschaffen will, findet darüber Auskunft in dem Buche des als Chronometermacher berühmten Jürgensen über den Bau astronomischer Uhren*). Uns bleibt nur noch übrig anzugeben, worauf man beim Gebrauche eines solchen Instrumentes zu achten hat, damit dasselbe in gutem Stande bleibe und seinem Zwecke entspreche.

Gebrauch der Chronometer zur Bestimmung der Meereslänge.

Schon ums Jahr 1530 sprach Gemma Frisius den Gedan- 100
ken aus, dass die Uhren zur Bestimmung der Meereslänge gebraucht werden könnten. Man machte den richtigen Schluss, dass eine völlig genau gehende Uhr, die nach mittlerer Zeit eines gewissen Ortes gestellt war, an allen Orten die mittlere Zeit jenes angeben würde. Weil nun zugleich die mittlere Zeit an dem zweiten Orte bestimmt werden könnte, so bedürfe es nur einer Subtraction beider Zeiten, um den Längenunterschied beider Oerter in Zeit ausgedrückt zu erhalten, dieser aber, in Graden, Minuten und Secunden ausgedrückt, würde den Unterschied der Länge beider Oerter in Bogenmaass angeben. Nichtsdestoweniger war die Ausführung bei der damaligen Unvollkommenheit der Uhr-

*) Urban Jürgensen, Allgemeine Grundsätze der genauen Zeitmessung durch Uhren. 4. Copenhagen 1806. 6 Thlr. (Ist durch den Buchhandel nicht mehr zu erhalten). Dasselbe Buch nach der 2ten Ausgabe bearbeitet. Leipzig 1840. 3½ Thlr.

macherkunst ganz unausführbar. Selbst die Preise, welche Philipp III. von Spanien 1598, und später Holland und England für die Lösung des Problems aussetzten, hatten keinen Erfolg. Holland hatte als Preis 100000 Gulden ausgesetzt, das britische Parlament aber 1714 zwei Preise bewilligt, von welchen den einen, 2000 Pfd. Sterling betragend, der Verfertiger einer gleichförmig gehenden Uhr, den andern, im Betrage von 10,000 Pfd. Sterling, der Erfinder einer Methode erhalten sollte, nach welcher die Meereslänge bis auf einen Grad genau bestimmt werden könnte. Später wurden noch mehrere andere Preise ausgesetzt. Der Engländer Harrison, erst Zimmermann, machte sich an die Auflösung der Aufgabe und löste dieselbe. Im Jahre 1736 legte er die erste von ihm verfertigte Seeuhr, welche er *Timekeeper* nannte, vor. Diese wurde auf einer Seereise geprüft, und ihm, weil sie ihrem Endzwecke noch nicht völlig entsprach, nur ein Theil der für die Auflösung des wichtigen Problems ausgesetzten Prämie ertheilt. Harrison arbeitete nun fort und fort an der Verbesserung dieser Uhren. Im Jahre 1761 brachte er eine neue Seeuhr zu Stande, mit welcher sein Sohn William Harrison eine Reise nach Jamaica antrat. Die Reise dauerte 81 Tage. Man fand die Abweichung der Uhr auf der Hinreise nur 5 Secunden, auf der Rückreise aber 1 Minute 54 Secunden in Zeit oder 29′ 45″ in Bogen. Die Abweichung betrug also noch keinen halben Grad, doch bekam er noch nicht den ganzen Preis, sondern nur 2500 Pfd. Sein Eifer ermüdete aber nicht, er arbeitete an der Vervollkommnung seiner Instrumente fort, und verfertigte eine neue Uhr, welche, als sie 1764 geprüft wurde, auf einer Reise nach Barbadoes während sechs Wochen nur um 54 Secunden oder 13′ 30″ in Bogen abwich. Diese verschaffte ihm endlich die grosse Prämie von 10,000 Pfund Sterling.

Später wurden diese Uhren von den englischen Künstlern Arnold und Kendol, so wie von den Franzosen le Roy und Berthoud verfertigt und zu einer bewunderungswürdigen Vollkommenheit gebracht. Als Verfertiger vorzüglicher Chronometer sind dann Lepaute, Breguet, Arnold, W. Jurgensen, Haut und andere berühmt; unter den Künstlern der neuern Zeit sind Kessels in Altona, Tiede in Berlin und Dent in London die berühmtesten.

Eigenschaften und Behandlung eines guten Chronometers.

Von einem guten Chronometer verlangt man, dass sich sein 101
Gang im Laufe eines Tages nicht über einige wenige Bruchtheile einer Secunde ändert.

Weil die Chronometer-Spiralfeder nur sehr selten ihrer ganzen Länge nach eine gleichförmige Elasticität haben wird, so muss man das Chronometer immer um dieselbe Zeit aufziehen. Hierdurch bewirkt man nämlich, dass alle Theile der Feder auf gleiche Weise wirken und der Gang der Uhr gleichförmig bleibt. Die meisten Chronometer gehen 30 Stunden, einige zwei, andere acht Tage, damit, wenn das Aufziehen etwa einmal vergessen werden sollte, der ursprüngliche Stand nicht verloren geht. Das Aufziehen geschieht alle 24 Stunden.

Bei jedem Chronometer sowie bei jeder andern Uhr, welche gleichförmig gehen soll, hat man sorgfältig darauf zu achten, dass sie nicht abläuft. Wenn aber eine solche Uhr einmal abgelaufen ist, so zieht man sie auf, ohne sie in Gang zu setzen, stellt die Zeiger um eine, oder zwei Minuten voraus und bringt den Minutenzeiger mit dem Secundenzeiger in Uebereinstimmung. Damit die Unruhe dann in Schwingung kommt und das Chronometer zu gehen anfängt, dreht man in dem Augenblicke, welcher von den Zeigern der Uhr angegeben wird, das ganze Chronometer rasch, aber vorsichtig, horizontal. In allen übrigen Fällen muss man jeden Stoss, oder jede Schwingung sorgfältig zu vermeiden suchen, weil dadurch der Stand, und selbst der Gang desselben geändert werden könnte. Weil überhaupt jede bedeutende Erschütterung nachtheilig auf den Gang des Chronometers einwirkt, so muss dasselbe, wenn es irgend angeht, am besten von einem Fussgänger, von einem Orte zum andern getragen werden; ist dieses aber nicht wohl ausführbar, so muss dasselbe in einem sichern, auf starken Federn ruhenden Reisewagen transportirt werden. Im letztern Falle stellt man dasselbe ausserdem auf einem elastischen Kissen so auf, dass es stets in derselben Lage bleibt. Bei jedem Transporte muss die Suspension in den Ringen aufgehoben werden, auch muss man dasselbe vor jeder drehenden Bewegung in der Ebene der Unruhe in Acht nehmen, weil dadurch der bisherige Gang gestört wird. Ausser-

dem hat der Reisende darauf zu achten, dass das Chronometer nicht stehen bleibt, denn wenn dieses geschähe, so würde die Balance durch die unaufhörlichen Erschütterungen in Bewegung gerathen, und weil diese durch die Gegenwirkung des Ganges des Chronometers nicht geschwächt würde, so könnte das Chronometer dadurch auf immer zerstört werden.

Auf Schiffen stellt man das Chronometer wo möglich an einem Orte auf, wo die Schwankungen des Schiffes am wenigsten fühlbar sind, und an welchem eine möglichst gleichförmige und beständige Temperatur herrscht. Aber auch beim Gebrauche, wenn dasselbe aus einem geschlossenen Raume ins Freie gebracht werden muss, muss man so viel wie möglich den schnellen Temperaturwechsel zu vermeiden und abzuschwächen suchen. Bei den Beobachtungen am Tage muss dasselbe immer im Schatten aufgestellt werden. Im Winter aber bewickelt man dasselbe während der Beobachtung mit dickem, warmen, wollenen Zeuge und verweilt mit demselben nicht zu lange in der Kälte. Hier könnte es nicht allein einen unrichtigen Gang erhalten, sondern es wäre wohl möglich, dass es auch stehen bliebe.

Man stelle das Chronometer in horizontaler Lage auf, so dass das Zifferblatt nach oben gekehrt ist, und sorge dafür, dass es immer dieselbe Lage behalte. Um die Zapfen zu schonen, auf welche die Schwere der Räder und der Unruhe in der Lage wirkt, wenn das Instrument zu Beobachtungen gebraucht wird, geben manche Beobachter demselben, während es müssig liegt, die Lage, dass das Zifferblatt nach unten gekehrt ist. Hier tritt aber die Frage auf, ob der Gang, welchen das Chronometer in der einen Lage hat, genau mit dem in der andern Lage übereinstimmt.

Selbst die besten Chronometer pflegen im Laufe einiger Jahre ihren gleichförmigen Gang zu verlieren. Die Hauptursache des veränderten Ganges ist die Eindickung des Oels, womit die der Reibung unterworfenen Zapfen und Theile des Instrumentes eingeölt sind. Es ist daher erforderlich, dass das Chronometer etwa alle drei Jahre von einem Künstler, welcher sich mit der Construction der Chronometer beschäftigt, gereinigt und frisch geölt wird. Einem gewöhnlichen Uhrmacher darf man aber ein solches Instrument nicht anvertrauen. Die Reinigung selbst bringt aber immer einige Veränderungen im Gange hervor, welche sich erst nach einiger Zeit wieder ausgleichen, weshalb man erst nach einigen Wochen eine Gleichförmigkeit des Ganges wieder erwarten

kann. Zum Einölen der Theile zieht man das aus völlig reifen Oliven freiwillig und ohne Pressung abgelaufene reine Olivenöl allen anderen vor.

Bestimmung des Standes und Ganges der Chronometer.

Die Prüfung des Chronometers geschieht durch eine mehrere 102
Monate fortgesetzte tägliche Vergleichung mit einer gut regulirten astronomischen Pendeluhr, oder mit Hülfe astronomischer Beobachtungen. Hierbei hat man sich einmal über den *Stand* und zweitens über den *Gang* Gewissheit zu verschaffen.

Durch die auf Prüfung des *Standes* gerichtete Untersuchung findet man, ob und wie viel die Chronometerangabe in einem gegebenen bestimmten Augenblicke von Sternzeit, oder mittlerer Zeit abweicht. Die Zahl von Minuten und Secunden, welche dieses ausdrückt, nennt man den *Chronometerfehler* oder die *Uhrcorrection*. Die Prüfung des *Ganges* ergiebt die Veränderung des Standes während einer gewissen Zeit, und wird hiernach durch täglichen, stündlichen Gang u. s. w. bezeichnet. Durch Bestimmung des Standes einer Uhr erfährt man, wie viel sie zu viel, oder zu wenig zeigt; durch Bestimmung des Ganges, ob sie zurückbleibt (retardirt) oder voreilt (accelerirt).

Die Uhrcorrection heisst *negativ*, wenn die Uhr zu viel zeigt, *positiv*, wenn sie zu wenig zeigt. Um die eigentliche Zeit zu erhalten, muss man nämlich im ersten Falle den Uhrfehler von dem abziehen, was die Uhr zeigt, im letztern Falle ihn aber hinzuaddiren. Ist z. B. angegeben, ein Chronometer habe um $3^h\,54^m\,25^s$ Chronometerzeit die Correction $+\,2^m\,3^s$ gehabt, so heisst das, sie habe zu jener Zeit 2 Minuten 3 Secunden zu wenig gezeigt, in jenem Augenblicke war also die Zeit thatsächlich $3^h\,56^m\,28^s$. Man merke:

Wenn die positive Correction der Uhr	wächst, so retardirt die Uhr, abnimmt, so accelerirt die Uhr.
Wenn die negative Correction der Uhr	wächst, so accelerirt die Uhr, abnimmt, so retardirt die Uhr.

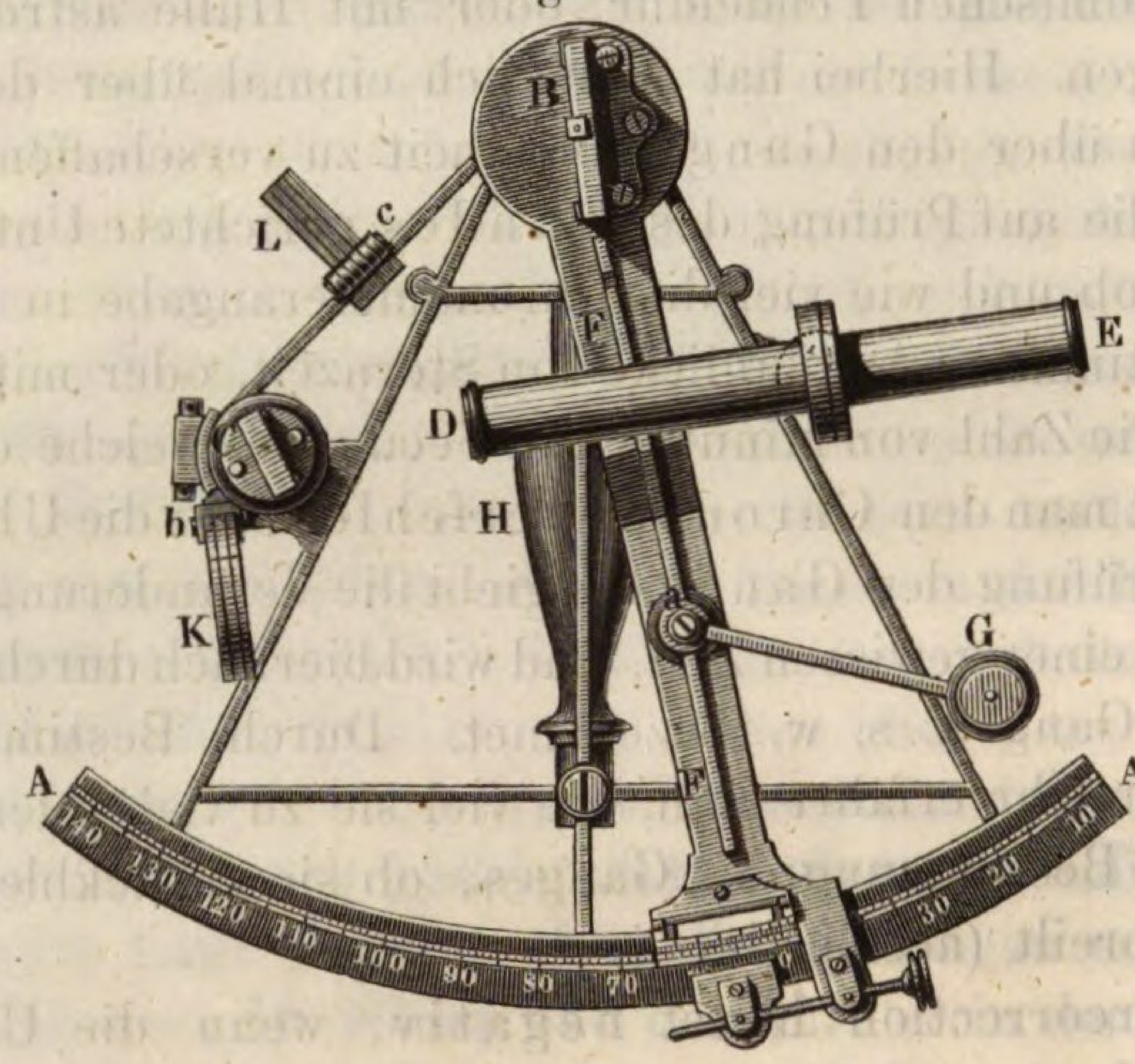
Den Stand und Gang eines Chronometers, welches nach mittlerer Zeit geht, bestimmt man am besten durch Beobachtung correspondirender Sonnenhöhen.

2. Der Spiegelsextant und Octant.

A. Der Sextant und Octant.

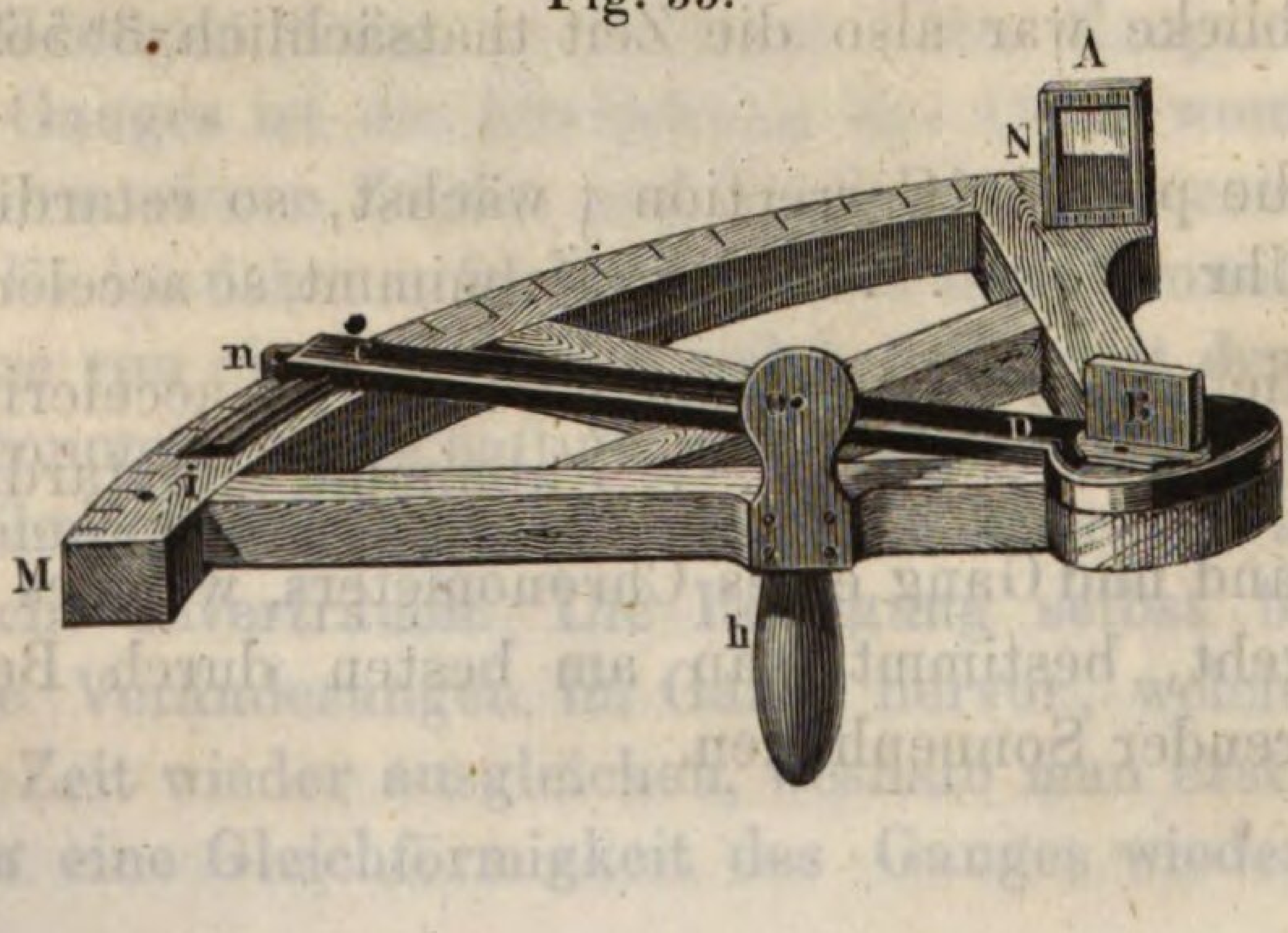
103 Der Spiegelsextant (Fig. 34) ist so genannt, weil die Winkel, welche die von den zu messenden Gegenständen ausgehenden Lichtstrahlen einschliessen, nachdem sie auf die weiter unten an-

Fig. 34.



gegebene Weise, von den auf dem Instrumente angebrachten Spiegeln in bestimmter Richtung zurückgeworfen sind, mittelst eines Bogens, der nur den sechsten Theil eines Kreisumfanges beträgt, gemessen werden. Der Octant (Fig. 35) oder, wie ihn die Eng-

Fig. 35.



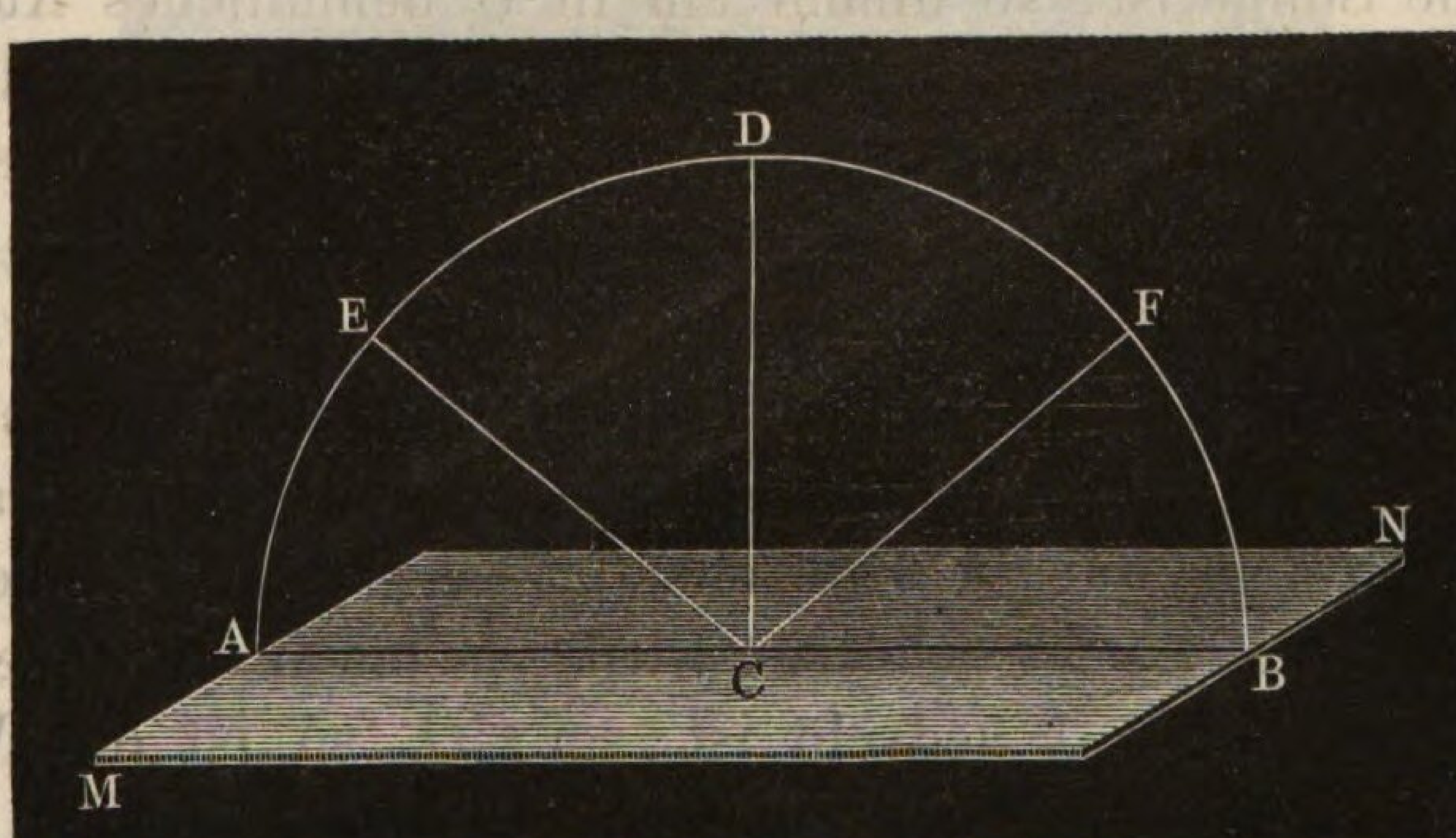
länder nennen, der Quadrant des Hadley stimmt nach Einrichtung und Bau im Wesentlichen mit dem Sextanten überein, der Bogen, auf welchem die Theilung aufgetragen ist, beträgt aber bei diesem nur den achten Theil eines Kreisumfanges, auch ist er einfacher gebaut. Der Sextant und Octant haben vor allen übrigen winkelmessenden Werkzeugen den Vorzug, dass sie weder ein Stativ, noch eine absolut unveränderliche Stellung des Beobachters erfordern. Mit einem solchen Instrumente ausgerüstet, befindet man sich überall, sei es auf dem Festlande, sei es auf dem Ocean, stehe man auf einem Thurme, oder auf dem Verdecke eines schwankenden Schiffes, in einem Observatorium. Dazu kommt, dass man bei gehöriger Kenntniss der genannten Instrumente und Uebung im Gebrauche derselben Messungen und Beobachtungen auszuführen im Stande ist, die an Genauigkeit und Schärfe den mit feststehenden Instrumenten gemachten in nichts nachstehen.

Sätze der Katoptrik, auf welche sich die Einrichtung des Sextanten gründet.

Um die Einrichtung des Sextanten, sowie der übrigen Re- 104
flexionsinstrumente zu verstehen, ist nur erforderlich, die Erscheinungen ins Auge zu fassen, welche sich bei ebenen Spiegeln zeigen.

Wenn MN (Fig. 36) ein Spiegel ist und mit diesem der Lichtstrahl EC in C zusammentrifft, so geht er in der Richtung CF weiter; man sagt, er wird zurückgeworfen oder reflectirt.

Fig. 36.



Um die Lage des Lichtstrahls vor seinem Zusammentreffen mit dem Spiegel, sowie auch, nachdem er zurückgeworfen ist, genauer bestimmen zu können, denkt man sich auf der Ebene des Spiegels, in dem Punkte C, in welchem er auf den Spiegel trifft, ein Loth CD errichtet. Dieses heisst das Einfallsloth. Der Winkel ECD, welchen der ursprüngliche Strahl EC mit dem Einfallslothe CD macht, heisst der Einfallswinkel, der Winkel DCF aber, welchen der zurückgeworfene Strahl CF mit dem Einfallslothe CD macht, der Ausfalls- oder Reflexionswinkel. Versuche ergeben nun:

1. Der einfallende Strahl, der zurückgeworfene Strahl und das Einfallsloth liegen in einer und derselben Ebene.

2. Der Einfalls- und Reflexionswinkel liegen auf entgegengesetzten Seiten des Einfallslothes und sind einander gleich. Eine unmittelbare Folge davon ist, dass der einfallende und reflectirte Strahl auch mit der spiegelnden Ebene gleiche Winkel machen. Jeder senkrecht auf den Spiegel fallende Strahl aber wird in sich selbst zurückgeworfen.

Eine unmittelbare Folge aus beiden Gesetzen ist aber die Erscheinung, welche man bei den ebenen Spiegeln wahrnimmt, dass nämlich das Bild im Spiegel nach Grösse, Gestalt und Lage mit dem gespiegelten Gegenstande genau übereinstimmt und gegen die hintere Seite der Spiegelebene so liegt, wie der Gegenstand gegen die vordere Fläche, mithin dem Auge in umgekehrter Lage erscheint.

Durch eine einfache geometrische Construction ergiebt sich aus dem Obigen, dass, wenn MN (Fig. 37) eine spiegelnde Fläche und ab die Sonne ist, so nimmt ein in O befindliches Auge das Bild der Sonne durch die reflectirten Strahlen so wahr, dass der Unterrand a in der Richtung $a'' a'$, folglich als der Oberrand des Bildes, der Oberrand b aber in der Richtung $b'' b'$, folglich als der Unterrand des Bildes erscheint.

105 Ein höchst wichtiger Satz für die vorliegende Untersuchung ist der folgende. Die Richtung, nach welcher der Lichtstrahl SC (Fig. 38) von dem Spiegel AB reflectirt wird, sei CP, die Richtung aber, in welcher er reflectirt wird, nachdem der Spiegel um den Winkel $ACA' = \alpha$ gedreht ist, sei CQ, so ist der Winkel, welchen CP und CQ einschliessen, d. i. der Winkel $QCP = 2\,ACA' = 2\,\alpha$, d. h. er ist doppelt so gross, als der Winkel,

um welchen der Spiegel gedreht wurde. Weil nämlich der Aus-

Fig. 37.

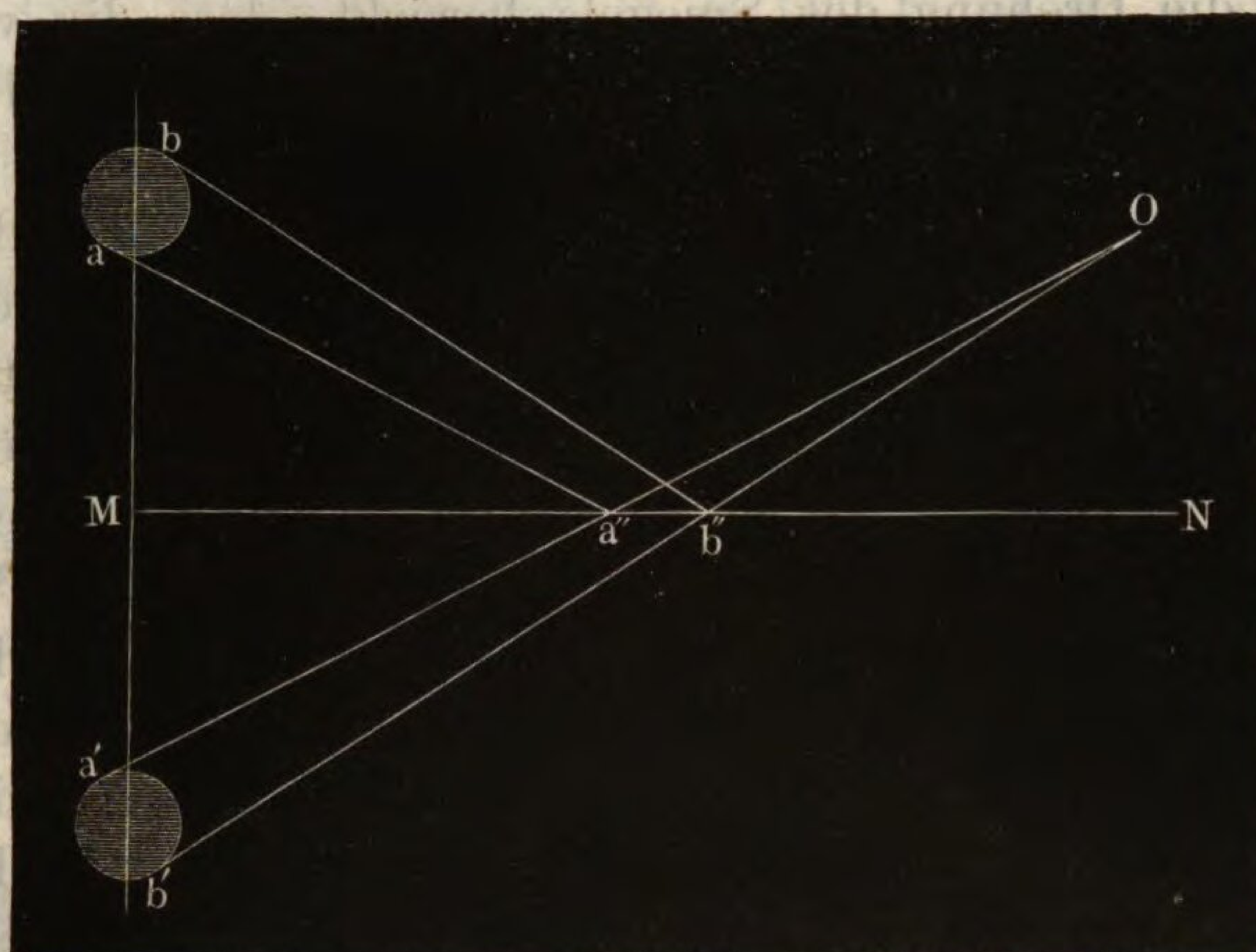
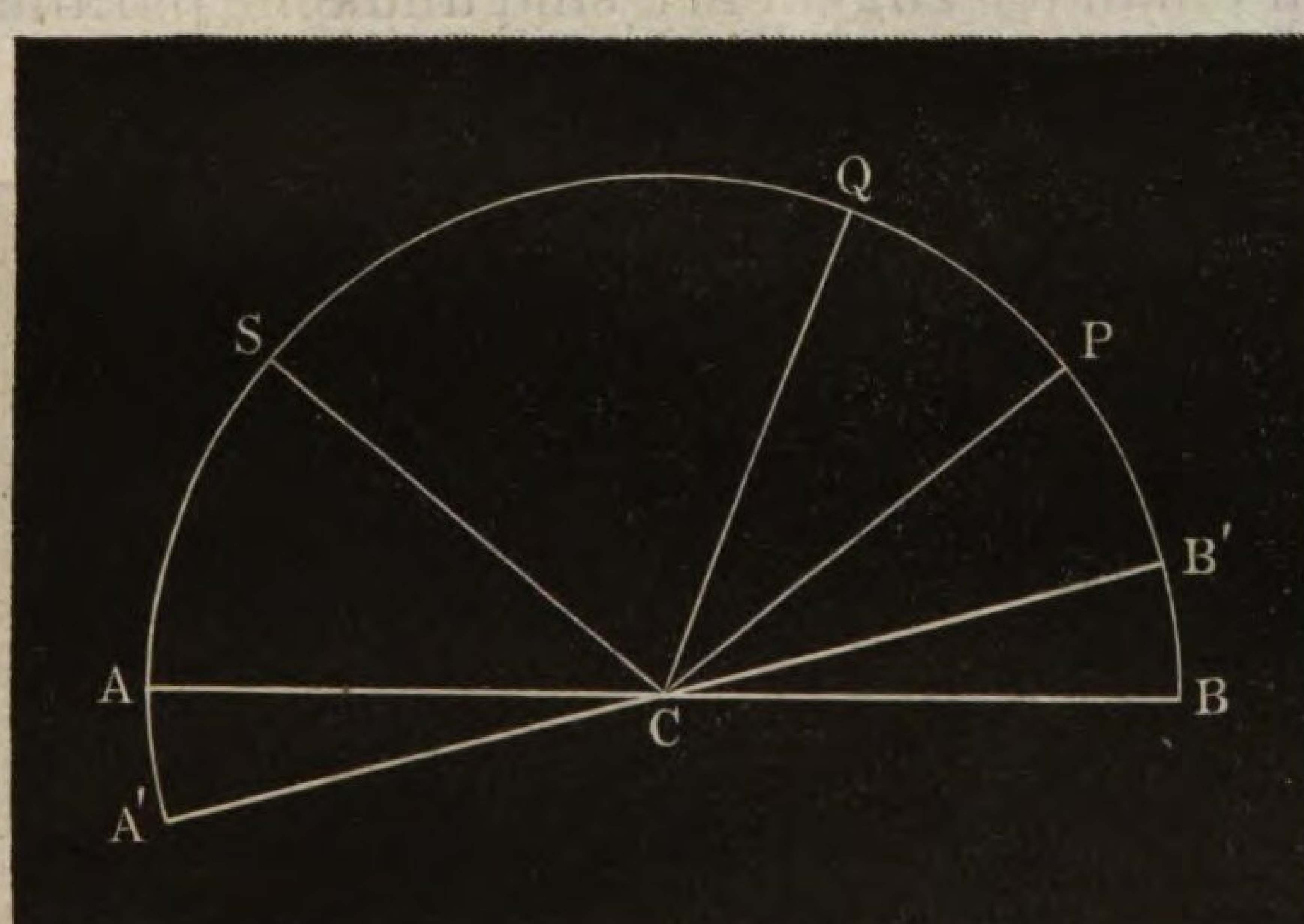


Fig. 38.



fallswinkel gleich dem Einfallswinkel ist, so ist $QCB' = SCA$, und $PCB = SCA$, folglich ist auch

$$QCB' - PCB = \underbrace{SCA' - SCA}$$

$$\text{oder } QCB' - PCB = ACA', \text{ addirt man}$$

$$BCB' = ACA', \text{ so erhält man}$$

$$\underbrace{QCB - PCB} = 2\,ACA'$$

$$\text{oder } QCP = 2\,ACA'.$$

Die Richtung der Linien und die Grösse der Winkel bleibt

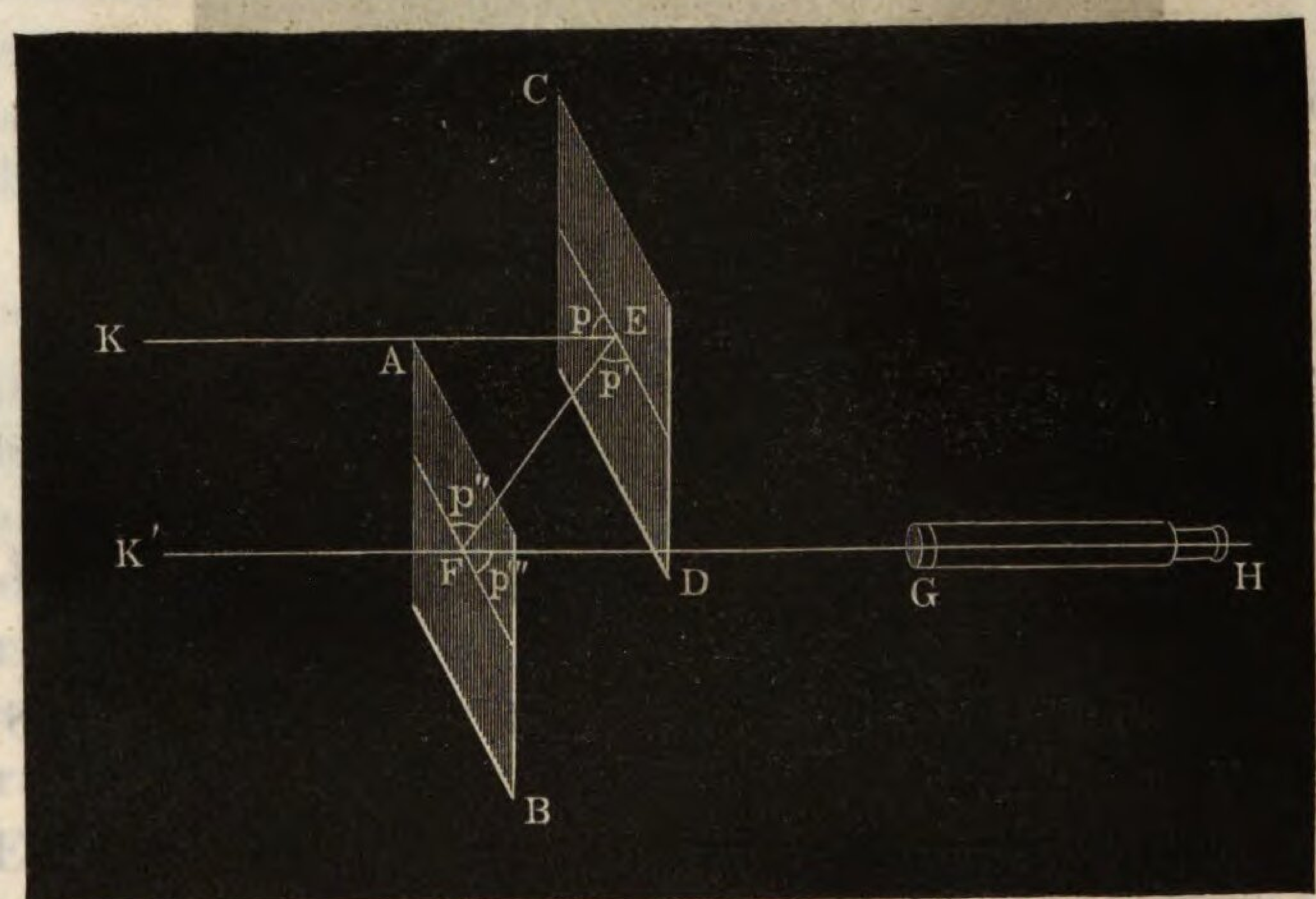
unverändert, wenn PC und QC als einfallende Lichtstrahlen, CS aber als reflectirter Lichtstrahl betrachtet wird. In diesem Falle ist durch die Drehung des Spiegels bewirkt, dass die von den Punkten P und Q kommenden Lichtstrahlen in einer und derselben Richtung FC reflectirt werden.

Damit also ein in S befindliches Auge, welches das Bild des Gegenstandes P in dem Spiegel AB in der Richtung SC erblickt, nachher das Bild des Gegenstandes Q in derselben Richtung im Spiegel wahrnehmen kann, muss man den Spiegel um einen Winkel drehen, welcher genau halb so gross ist, als der Winkel QCP, welchen die von P und Q ausgehenden Lichtstrahlen in C bilden.

Auf diesen Satz gründet sich die Einrichtung nicht allein des Spiegelsextanten und Spiegeloctanten, sondern auch die des Spiegelkreises von Ertel, des Repetitionskreises von Borda, des Prismenkreises von Steinheil, des Reflexionskreises von Pistor und Martins, sowie aller übrigen Reflexionsinstrumente.

106 Es seien nun AB und CD (Fig. 39) zwei Spiegel, welche beide auf einer und derselben dritten Ebene senkrecht stehen, deren spiegelnde Flächen einander zugekehrt sind und eine parallele Lage ha-

Fig. 39.

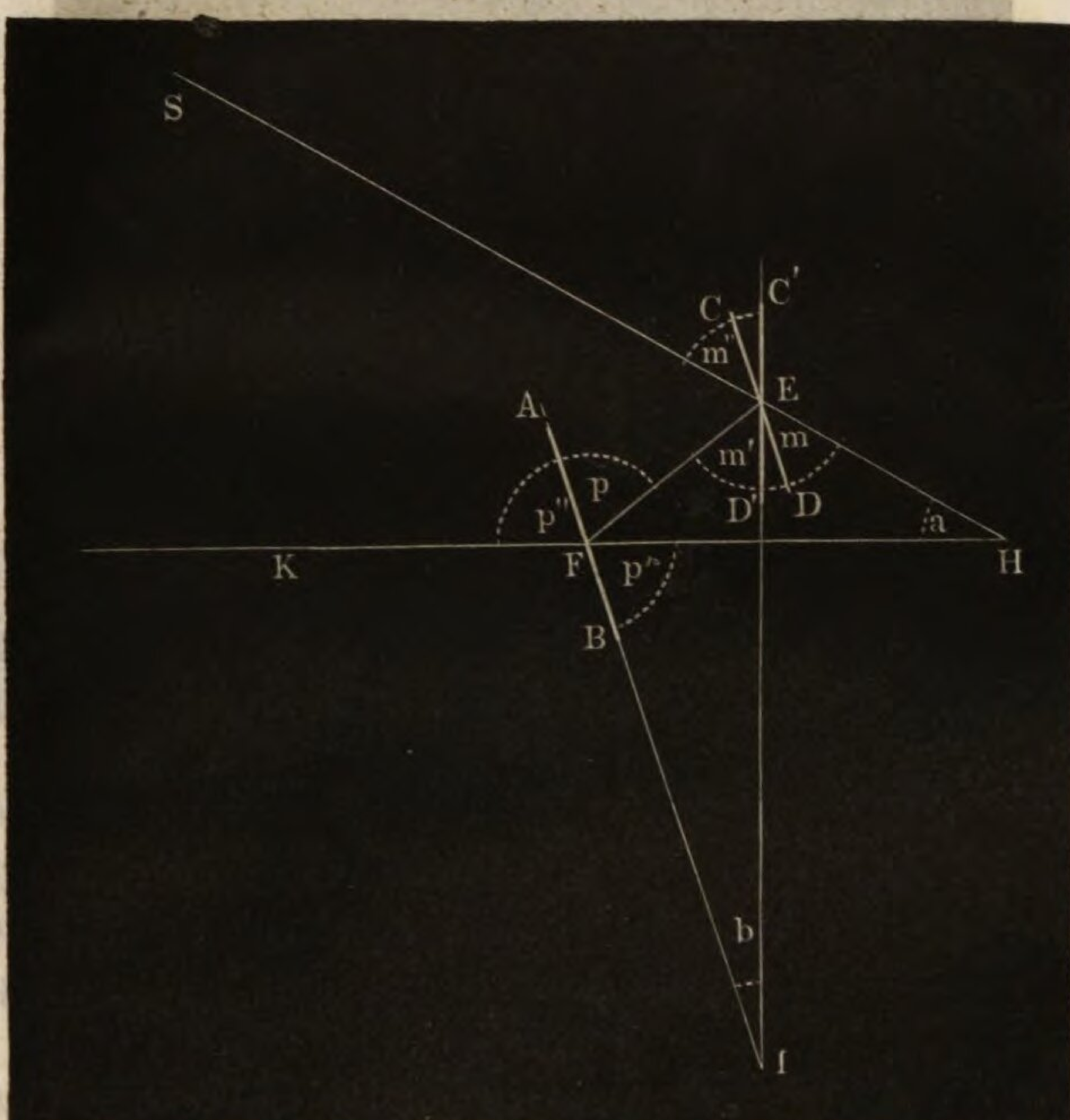


ben. Unter diesen Voraussetzungen wird der auf CD fallende Lichtstrahl KE in der Richtung EF, dieser aber von dem Spiegel AB in der Richtung FH und zwar so zurückgeworfen, dass Winkel $p = p' = p'' = p'''$. Folglich ist KE parallel mit FH. Unter der Voraussetzung aber, dass der Gegenstand K so weit entfernt ist,

dass die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen KE und $K'F$ als einander parallel betrachtet werden können, bilden HF und FK' eine gerade Linie. Stellt man nun in H ein Fernrohr in der Höhe auf, dass die verlängert gedachte Axe desselben mit der obern Grenzlinie des Spiegels AB zusammentrifft und richtet man dasselbe so, dass dadurch der Gegenstand K über den Spiegel hinweg gesehen wird, so sieht man zugleich im Spiegel AB das von dem Spiegel CD auf den Spiegel AB reflectirte Bild von K, und zwar werden beide Bilder im Focus des Fernrohrs zusammenfallen.

Denkt man sich hierauf den Spiegel CD um E gedreht und in die Lage $C'D'$ (Fig. 40) gebracht, so dass das Bild des Gegenstandes S in der Richtung HF erscheint und, durch das Fernrohr

Fig. 40.



gesehen, mit K zusammenfällt, so ist der Winkel CEC' halb so gross als der Winkel SHK, welchen die von S und K kommenden Lichtstrahlen in H, wo sich das Auge befindet, bilden.

Es ist nämlich EFK als äusserer Winkel des Dreiecks EFH

$= 2m + a$, und $EFA = p = m + b$, als äusserer Winkel des Dreiecks EFJ.

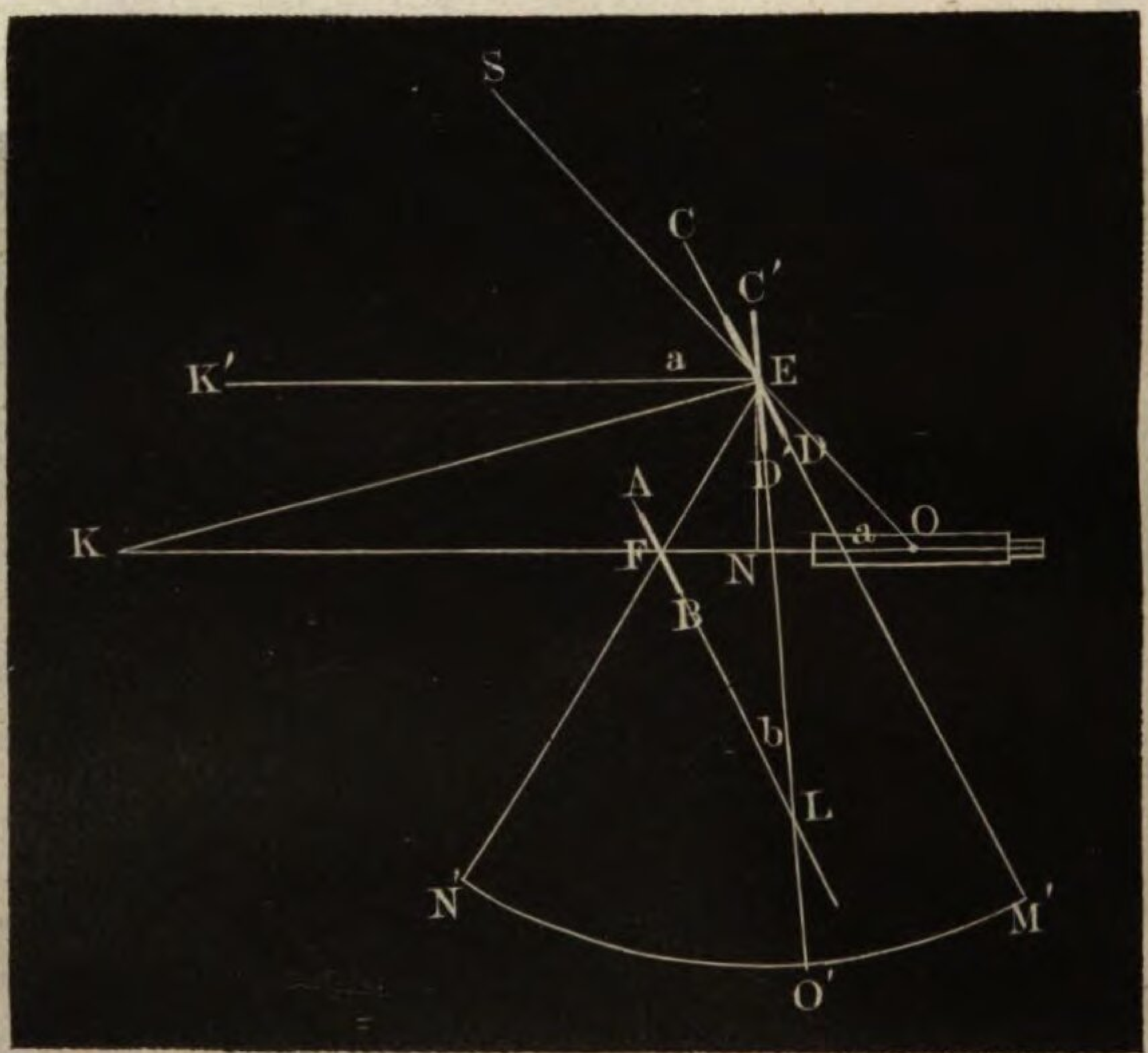
Es ist aber $2\,EFA = 2p = EFK = 2m + 2b$, folglich:

$$2m + 2b = 2m + a$$
$$2b = a$$
$$b = \tfrac{1}{2}a.$$

Die gegenseitige Lage der Spiegel des Sextanten.

107 Bei dem Sextanten stehen die beiden Spiegel AB und CD (Fig. 41) senkrecht auf einem Kreissector, welcher die Ebene des Instrumentes bildet. Der aus E, dem Mittelpunkte der Axe des

Fig. 41.



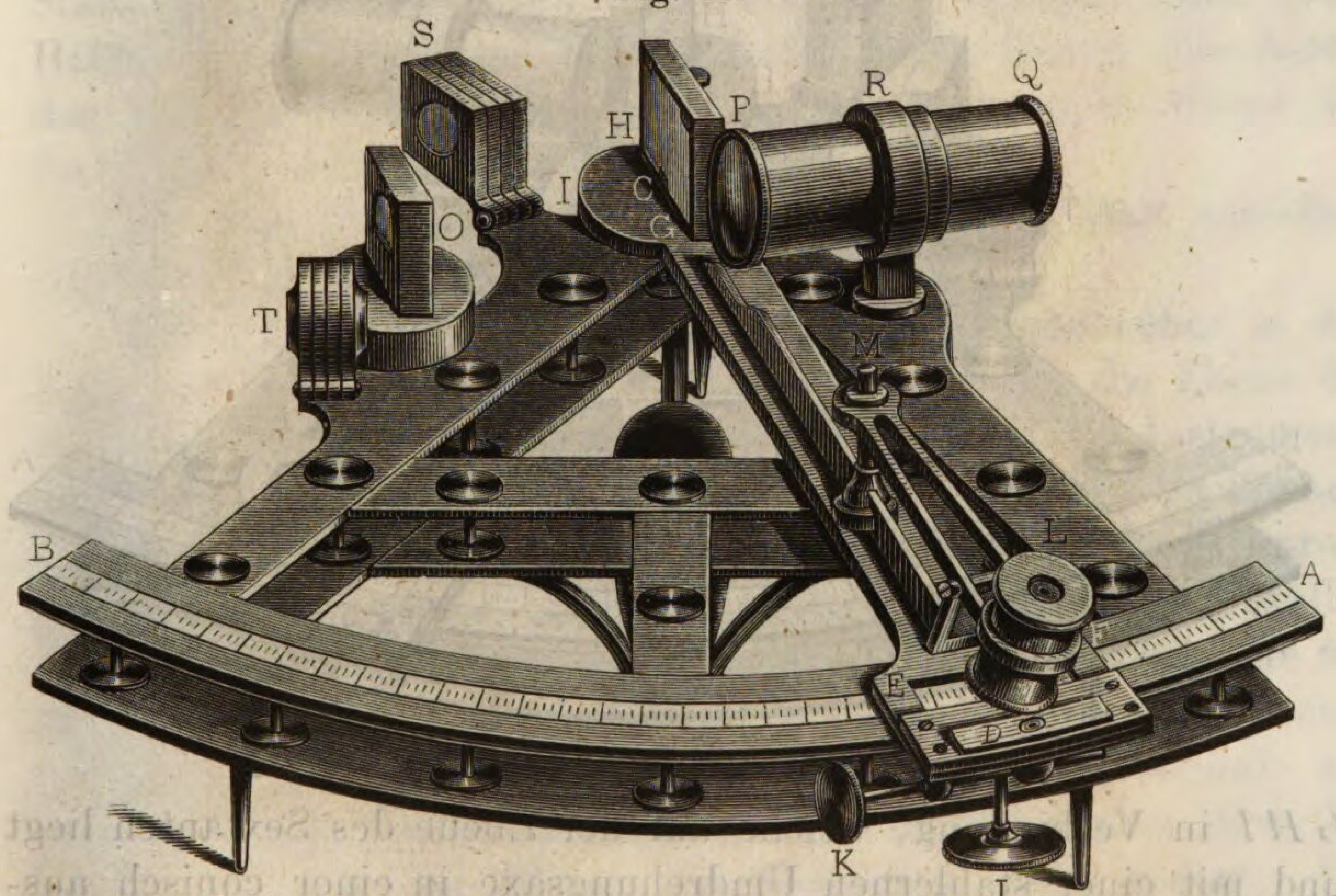
beweglichen oder grossen Spiegels beschriebene Kreisbogen MN beträgt etwas mehr als ein Sechstel des Kreisumfanges, und ist letzterer in Grade, Minuten und Bruchtheile getheilt. Die bis zum Bogen MN reichende Verlängerung des Theils des Instrumentes, auf welcher der grosse Spiegel senkrecht befestigt ist, heisst die Alhidade. Sie reicht bis zum Limbus MN und misst auf letzterer die Winkel, um welche der Spiegel gedreht wird. Weil nun der Winkel MEO dem Winkel ELF gleich, letzterer aber halb so gross als der Winkel $SOK = SEK'$ ist, so erhält man den Winkel SOK, wenn man die Grade, Minuten und Secunden, welche die Länge des Bogens MO angeben, mit 2 multi-

plicirt. Damit man nicht jedesmal nöthig hat, den auf dem Limbus abgelesenen Winkel zu verdoppeln, so sind die Sextanten gewöhnlich so eingerichtet, dass ein Bogen von 60° bei ihnen in 120 Theile eingetheilt ist, von welchen jeder für einen Grad gerechnet wird. Aus Voranstehendem geht hervor, wie man mit dem Sextanten, obgleich sein Bogen nur den sechsten Theil eines Kreisumfanges oder 60° beträgt, alle Winkel bis zur Grösse von 120°, mit dem Octanten aber, dessen Bogen nur 45° fasst, alle Angulardistanzen bis zu 90° messen kann.

Die Theile des Sextanten.

Fig. 42 ist das Bild eines Sextanten in $^1/_3$ oder $^1/_4$ seiner na- 108

Fig. 42.



türlichen Grösse. Der Körper desselben besteht aus geschlagenem Messing. An ihm sind folgende Theile zu merken.

1. Der Bogen oder Limbus *AB*, auf welchem
2. die Theilung angebracht ist.

Der Bogen *AB* ist mit dem Mittelpunkte der Sectorebene durch Stäbe oder Platten fest verbunden. Damit die Durchbiegung so viel wie möglich beseitigt wird, müssen diese Stäbe wenigstens 4 Linien hoch und eben so dick sein. Weil der Sextant dadurch aber ein zu grosses Gewicht bekommt, so sind bei den englischen Sextanten von Troughton oder den sogenann-

ten Säulensextanten die Stäbe und der Limbus nicht von der angegebenen Dicke, dafür aber sämmtlich doppelt vorhanden und durch Querpfeiler oder Säulen verbunden.

Die Theilung ist entweder unmittelbar auf das Messing des Bogens aufgetragen, oder es ist in das Messing ein Bogen von Silber, oder Platin eingelegt, welcher die Theilung trägt.

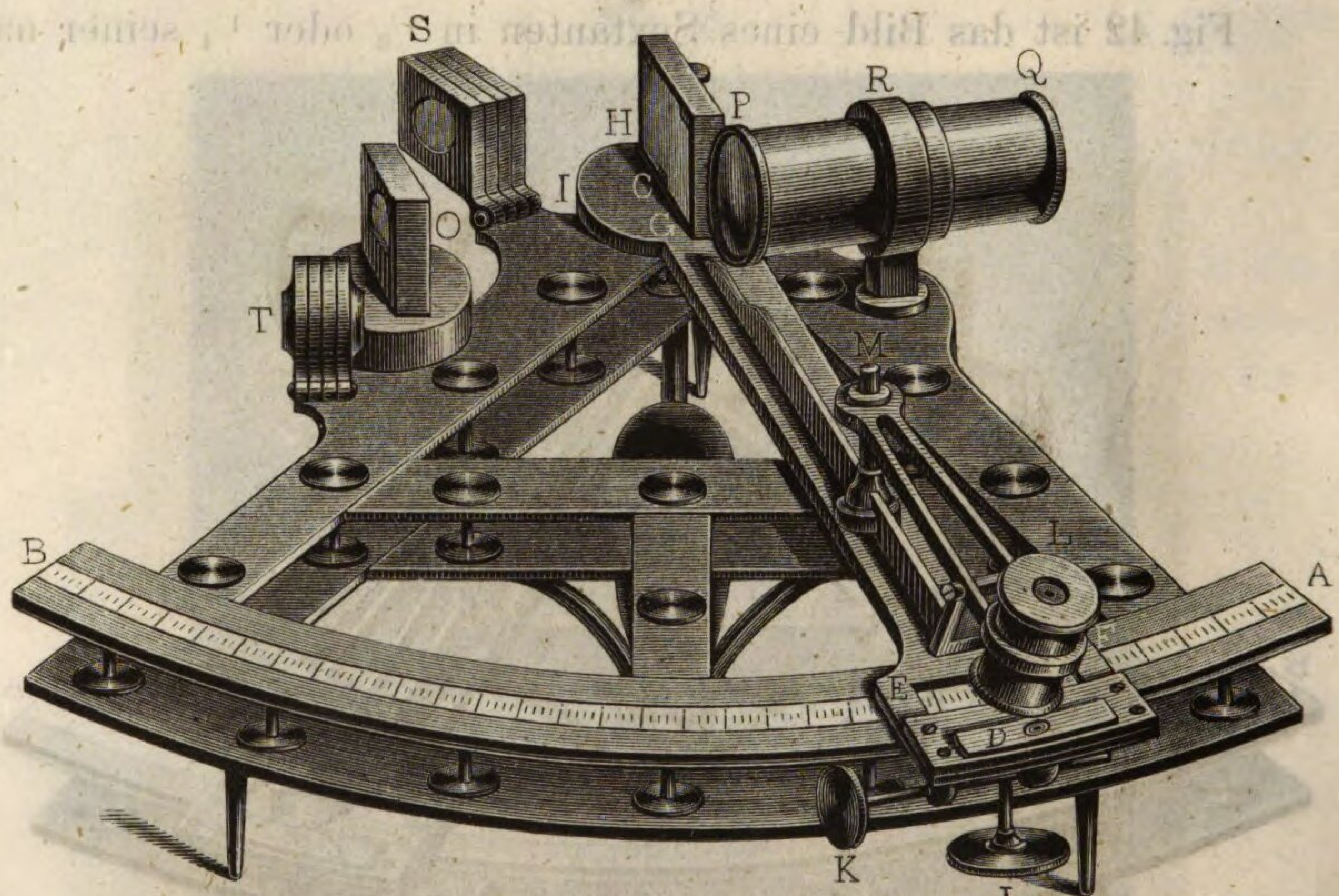
3. Der Index oder die Alhidade *CD*. Diese trägt

4. den Nonius *EF*, und

5. den grossen oder Indexspiegel oder das Indexglas *GH*.

Die Alhidade steht mit einer dicken kreisförmigen Platte

Fig. 43.



GHI in Verbindung, welche auf der Ebene des Sextanten liegt und mit einer stählernen Umdrehungsaxe in einer conisch ausgebohrten, im Centrum des Instruments *C* senkrecht gegen die Ebene des Instruments eingelassenen Röhre von Glockenmetall sich bewegt.

Der Rahmen, in welchem sich der grosse Spiegel befindet, lässt sich mittelst der drei Schrauben *a*, *a*, *a* senkrecht auf die Ebene des Instruments stellen. Damit der Spiegel sich nicht durchbiegen kann, so ist er in den Rahmen *GH* so eingelegt, dass er denselben nur an drei Punkten berührt.

Auf der untern Seite des Instruments, dem Nonius gegenüber, befindet sich an der Alhidade

6. die Bremsschraube, *I*, eine Druckschraube, mittelst welcher die Alhidade festgestellt wird. Wenn die Alhidade durch die Bremsschraube festgestellt ist, so lässt sich der Nonius noch mittelst

7. der Mikrometer- oder Haarschraube *K* bewegen und feiner einstellen.

8. Das Mikroskop oder Vergrösserungsglas *L*, welches an der Alhidade so angebracht ist, dass es sich um den Stift *M* frei bewegen kann, dient, um den Nonius und die Theilung, mit welcher es zusammenstösst, genauer ablesen zu können.

9. Der kleine oder Kimmspiegel *O*, auch das vordere Horizontglas genannt.

Der kleine Spiegel ist in *O*, nicht weit vom grossen Spiegel, unbeweglich befestigt. Nur die untere Hälfte desselben ist mit Stanniol belegt und bildet einen wirklichen Spiegel, seine obere Hälfte ist unbelegt und daher durchsichtig. Durch eine hinter ihm befindliche Schraube kann er senkrecht gegen die Ebene des Instruments gestellt werden.

10. Das Fernrohr. Bei dem Octanten ist statt desselben nur eine Diopter oder Absehe angebracht.

Das Fernrohr *PQ* ist dem kleinen Spiegel gegenüber in den Ring *R* eingeschroben, so dass seine Axe gegen die Ebene des Spiegels eine schräge Richtung hat, der Ebene des Instruments aber parallel ist. Um letztere Lage genau herstellen zu können, sind noch besondere Schrauben vorhanden. Der das Fernrohr tragende Ring befindet sich an einem ziemlich langen Parallelepipedon, welches sich frei in einer passenden Fassung, die fest mit dem Sextanten verbunden ist, durch eine unter der Fassung befindliche Schraube zugleich mit dem Fernrohre so auf- und niederbewegen lässt, dass dabei die Axe des Fernrohrs ihren Parallelismus mit der Ebene des Sextanten nicht ändert. Der Zweck dieser auf- und niedergehenden Bewegung ist der, um den in dem, oder durch den kleinen Spiegel gesehenen Objecten jeden beliebigen Grad von Helligkeit geben zu können. Wenn die Objecte, auf welche die Beobachtung gerichtet ist, an Helligkeit gleich sind, so giebt man dem Fernrohre die Höhe, dass die Grenzlinie zwischen dem belegten Theile des kleinen Spiegels und dem durchsichtigen der Linie entspricht, welche das Objectiv des Fernrohres in zwei gleiche Hälften theilt. Haben dagegen die zu beobachtenden Gegenstände verschiedene Helligkeit, so giebt

man dem Fernrohre eine solche Höhe, dass der grössere Theil des Objectivs dem lichtärmern gegenübersteht.

11. Die gefärbten Gläser, Blendgläser oder Schirme. Von diesen sind drei, welche verschiedene Farbe haben und in verschiedenen Graden durchsichtig sind, zwischen dem grossen und kleinen Spiegel in *S* angebracht; drei andere befinden sich hinter dem kleinen Spiegel in *T*. Alle sind auf Charnieren beweglich. Bei Sonnenbeobachtungen stellt man von diesen Gläsern zwischen den beiden Spiegeln so viele auf, als erforderlich sind, um den Glanz des vom grossen Spiegel reflectirten Sonnenbildes so weit zu mildern, dass ihn das Auge vertragen kann. Die hinter dem kleinen Spiegel befindlichen Blendgläser haben ganz denselben Zweck.

Ausserdem ist noch ein kleines Blendglas vorhanden, welches bei der Messung von Sonnenhöhen vor dem Ocular des Fernrohrs aufgeschroben wird. Wird dieses bei der Beobachtung gebraucht, so werden die übrigen Blendgläser zurückgeschlagen.

12. Die Uebertheilung oder der Bogen des Ueberschusses. Auf dem Limbus ist die Theilung über 0^0 und 120^0 hinaus zu dem Zwecke fortgesetzt, um die wenig von 0^0 oder 120^0 verschiedenen Winkel mittelst des Nonius genau ablesen zu können.

Die Seite des Körpers des Sextanten, auf welcher sich die Theilung befindet, heisst die vordere, die andere, an welcher der Handgriff angebracht ist, mit welchem das Instrument gehalten wird, heisst die hintere oder Rückseite.

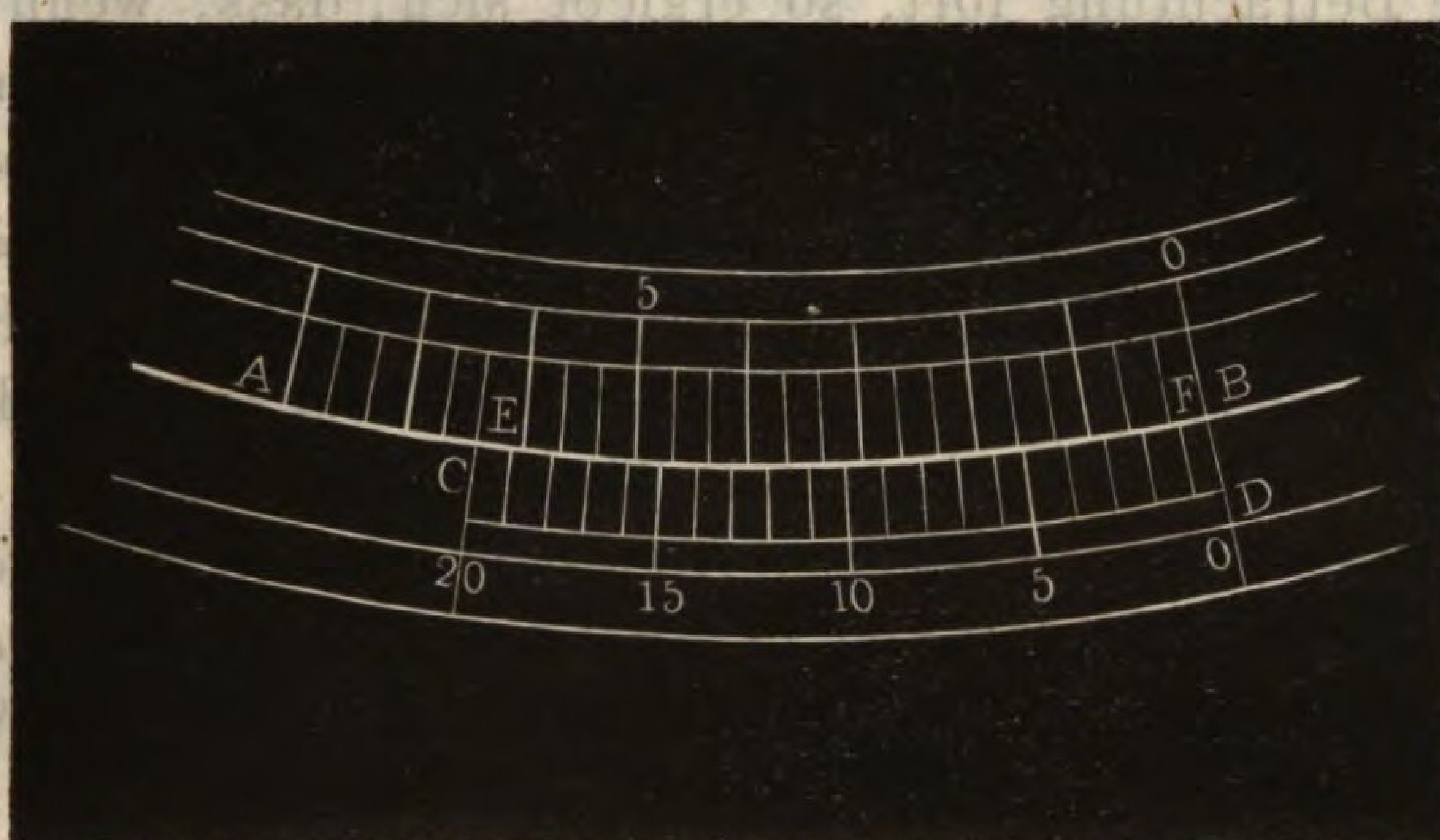
Der Nonius oder Vernier.

109 Beim Sextanten ist ein Sechstel des Kreisumfanges oder ein Bogen von 60^0 in 120 gleiche Theile, beim Octanten aber ist ein Achtel der Kreisperipherie oder ein Bogen von 45^0 in 90 gleiche Theile getheilt. Jeder dieser Theile wird für einen Grad gerechnet und, je nachdem es seine Länge zulässt, wiederum in zwei drei, vier, oder sechs Theile getheilt. Hierdurch erhält man kleinere Bogen, welche beziehungsweise 30, 20, 15, oder 10 Minuten umfassen. Nimmt man an, jeder Grad sei bei einem solchen Instrumente noch in drei gleiche Theile getheilt, so kann man mit einem einfachen Zeiger die Winkel nur bis auf drittel Grade oder 20 Minuten genau ablesen. Fällt nämlich der Zeiger nicht genau mit einem Theilstriche zusammen, so bleibt nichts übrig, als den

Abstand desselben vom letztvorhergehenden Theilstriche nach dem Augenmaasse zu schätzen. Um indess bei Bestimmung solcher kleinen Theile über blosse Schätzung hinauszugehen und wirklich messen zu können, ist bei den Instrumenten eine besondere Vorrichtung angebracht, welche, nach ihren Erfindern, Nonius oder Vernier genannt wird. Diese besteht im Folgenden.

Wenn der Bogen AB (Fig. 44) in Grade und drittel Grade getheilt ist, so umfasst jeder Bogentheil 20 Minuten und 19 sol-

Fig. 44.



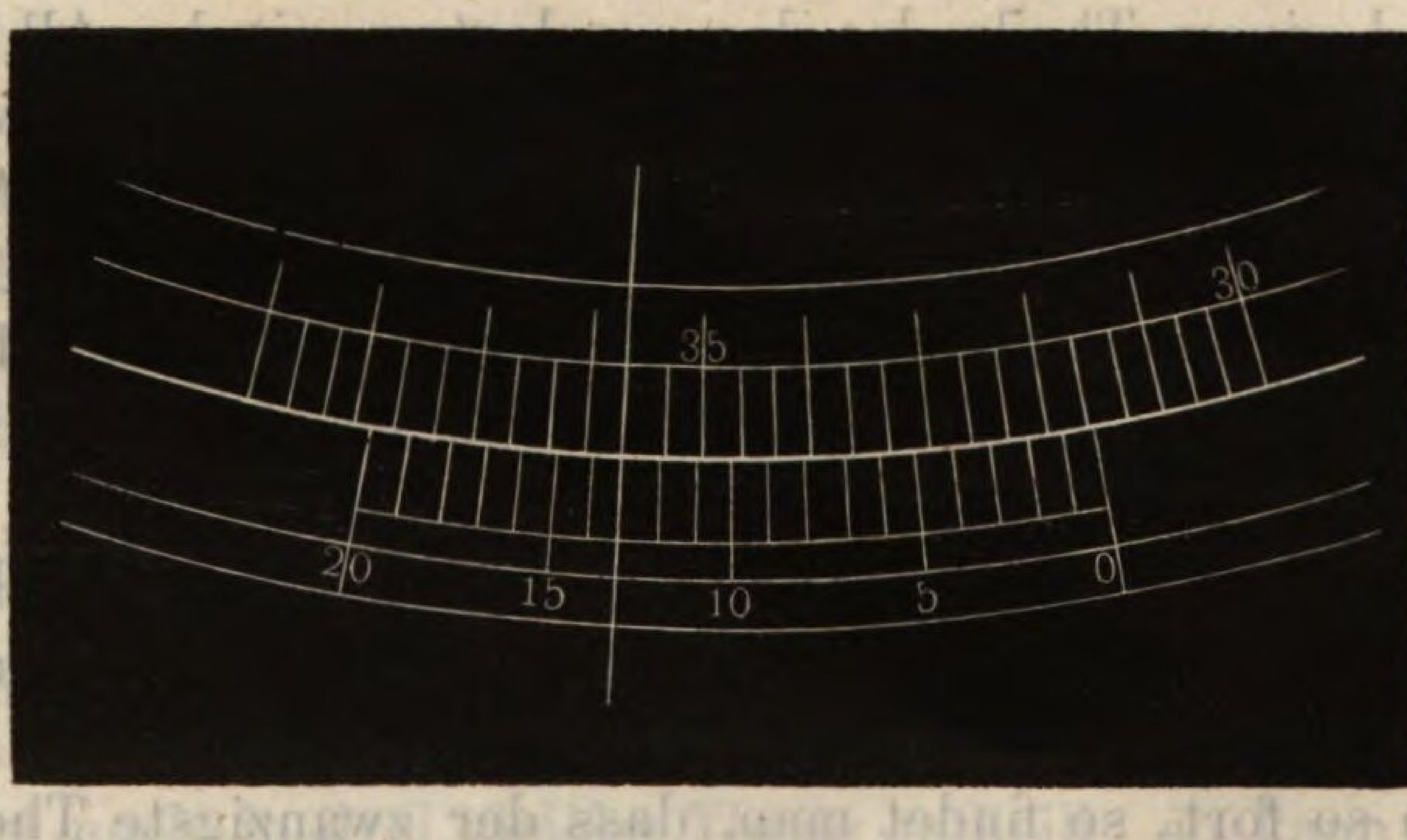
cher Theile sind = 6° 20′ = 380′. Wird ferner neben AB ein zweiter Bogen CD angebracht und theilt man auf diesem den Bogen EF, welcher jenen 19 Theilen oder 380′ gleich ist, in 20 Theile, so ist ein solcher Theil $^1/_{20}$ von 380′ oder = 19′. Der Unterschied zwischen einem Theile auf dem Limbus des Instruments und einem Theile des daran gelegten, mit der Alhidade in Verbindung stehenden Bogens, welcher Nonius genannt wird, beträgt also 1 Minute. Man stelle nun den auf dem Bogen der Alhidade befindlichen Zeiger oder Nullpunkt so ein, dass er mit dem Nullpunkte, oder irgend einem andern Theilstriche der Theilung des Limbus genau zusammentrifft und beachte nun die Lage der Theilstriche auf der Alhidade gegen die des Limbus.

Man wird finden, dass der erste Strich nach dem Nullpunkte auf der Alhidade von dem ihm nächsten ersten Striche auf dem Limbus um 1′, der zweite um 2′, der dritte um 3′ absteht u. s. w. Geht man so fort, so findet man, dass der zwanzigste Theilstrich auf der Alhidade vom zwanzigsten Theilstriche auf dem Limbus genau um 20′ entfernt ist, und folglich mit dem 19. Theilstriche auf dem Limbus zusammentrifft. Verschiebt man hierauf die Al-

hidade so weit, dass nicht mehr der Nullpunkt auf ihr, sondern der erste darauf folgende Theilstrich mit irgend einem Theilstriche des Limbus genau zusammenfällt, so liegt es klar vor Augen, dass der Abstand des Nullpunktes auf der Alhidade von dem ihm auf dem Limbus unmittelbar vorhergehenden Theilstriche gleich 1′ sein wird. Stellt man ferner die Alhidade so ein, dass ihr zweiter Strich nach dem Nullpunkte mit einem Striche des Limbus genau zusammenfällt, so ist der Nullpunkt auf der Alhidade um 2′ von dem ihm unmittelbar vorhergehenden Theilstriche entfernt. Setzt man diese Betrachtung fort, so ergiebt sich, dass, wenn der auf der Alhidade liegende *p*te Theilstrich nach dem Nullpunkte mit irgend einem Theilstriche des Limbus zusammenfällt, der Nullpunkt der Alhidade von dem ihm unmittelbar vorhergehenden Theilstriche der Limbustheilung um *p* Minuten absteht. Eine unmittelbare Folgerung hieraus ist, dass, wenn der Zeiger oder Nullpunkt der Alhidade zwischen zwei Theilstrichen auf dem Limbus liegt, und man will den Abstand von dem nächstvorhergehenden Theilstriche auf dem Limbus in Minuten ausgedrückt angeben, so ist nur erforderlich, den Theilstrich auf dem mit der Alhidade verbundenen Nonius aufzusuchen, welcher mit einem Theilstriche auf dem Limbus genau zusammentrifft, und abzulesen, der wievielte nach dem Nullpunkte auf der Alhidade er ist.

Hätte z. B. der Nullpunkt des Nonius die in Fig. 45 dargestellte Lage, d. h. fiele er zwischen 31° 20′ und 31° 40′ und fiele der 13te

Fig. 45.



Strich auf dem Nonius mit einem Theilstriche auf dem Limbus zusammen, so würde er 13′ von dem nächstvorhergehenden Theil-

striche auf dem Limbus entfernt sein und das Maass des zwischen dem Anfangspunkte der Theilung auf dem Limbus und dem Nullpunkte auf dem Nonius liegenden Bogens würde $= 32^0\,33'$ sein.

Von dem Voranstehenden ausgehend kann man sich leicht die Regel für die Ablesung jeder andern Eintheilung ableiten. Wenn die Länge von n Limbustheilen auf dem Nonius in $n + 1$ Theile getheilt ist, und die Grösse eines solchen Limbustheiles durch a bezeichnet wird, so ist die Länge des Nonius $= na$ und die eines darauf befindlichen Theiles $= \frac{na}{n+1}$. Der Unterschied zwischen einem Theile des Limbus und Nonius ist daher:

$$a - \frac{na}{n+1} = \frac{a}{n+1},$$

der zwischen zwei solcher Theile $\frac{2a}{n+1}$, zwischen drei $\frac{3a}{n+1}$ u. s. w. Die Grösse $\frac{a}{n+1}$ giebt unmittelbar an, wie genau ein winkelmessendes Instrument die Grösse der Winkel abzulesen gestattet. Folgende Beispiele mögen dieses erläutern.

Erstes Beispiel. Wir haben einen Sextanten vor uns liegen, auf dessen Limbus jeder Grad noch in sechs Theile getheilt ist. Die Länge des Nonius ist 59 solcher Theile gleich, aber in 60 Theile getheilt. Es ist die Frage, wie genau gestattet der Nonius die Winkel abzulesen?

Es ist $a = {}^1/_6{}^0 = 10' = 600''$, $n = 59$, $n + 1 = 60$, folglich $\frac{a}{n+1} = \frac{600}{60} = 10''$.

Zweites Beispiel. Auf dem Limbus unsers Reflexionskreises ist jeder Grad in vier Theile getheilt; der Nonius umfasst 44 solcher Theile, ist selbst aber in 45 Theile getheilt. Wie genau kann man mittelst des Instruments die Winkel ablesen?

Weil hier $a = {}^1/_4{}^0 = 15' = 900''$, $n = 44$, $n + 1 = 45$ ist, so ist $\frac{a}{n+1} = \frac{900''}{45} = 20''$.

Bei dem Sextanten, von welchem soeben die Rede war, beträgt der Unterschied zwischen einem Theilstriche auf dem Limbus und einem Theilstriche des Nonius 10″, zwischen zwei 20″, zwischen drei 30″ . . . zwischen funfzehn 150″. Um die Ablesung zu erleichtern, so ist jeder 6te, 12te, 18te, 24ste . . . 54ste und

60ste Theilstrich etwas länger als die übrigen und ausserdem findet man unter dem Nullpunkte, dem 12ten, 24sten, 36sten, 48sten und 60sten Theilstriche die Zahlen 0, 2, 4, 6, 8 und 10 eingravirt. Bei dem genauen Zusammentreffen der mit diesen Zahlen bezeichneten Striche mit den Strichen des Limbus zeigen sie die gerade Zahl von ganzen Minuten, um welche der Nullpunkt des Verniers von dem unmittelbar vorhergehenden Striche des Limbus absteht; ferner bezeichnen die langen Striche die Minuten, die halb so langen die halben Minuten, und die übrigen kleineren die Zehner der Secunden. Bei dem im zweiten Beispiele genannten Instrumente ist jeder 3te, 6te, 9te Theilstrich länger als die übrigen, und der dritte mit 1, der sechste mit 2, der neunte mit 3 bezeichnet u. s. w. Diese Zahlen geben ebenfalls die Zahl der ganzen Minuten an, um welche der Nullpunkt des Index von dem nächstvorhergehenden Theilstriche auf dem Limbus absteht.

110 Mittelst des algebraischen Ausdrucks für den Unterschied zwischen einem Theile auf dem Limbus und einem Theile auf dem Nonius $= \frac{a}{n+1}$ lässt sich auch folgende Aufgabe leicht lösen.

Aufgabe. Es ist ein Kreisbogen, oder eine gerade Linie in gleiche Theile getheilt, deren jeder $= a$ ist; man soll für die Linie einen Nonius construiren, welcher eine Ablesung eines mtels jener Theile, in welche die Linie schon getheilt ist, möglich macht. Wie viel Theile des Bogens, oder der Linie muss der Nonius umfassen, und in wie viel gleiche Theile muss man ihn zerlegen?

Wenn die Anzahl der Theile des Bogens, oder der Linie, für welche der Nonius construirt werden soll, durch x bezeichnet wird, so ist nach Obigem $\frac{a}{x+1} = \frac{a}{m}$. Hieraus folgt, dass $x = m - 1$.

111 Auch der Fall kommt vor, dass n Theile des Limbus, oder einer andern Linie, auf dem Nonius in $(n - 1)$ Theile getheilt sind. Hier ist, wenn die Länge eines Limbustheiles $= a$ ist, die eines Noniustheiles $= \frac{na}{n-1}$, und ein solcher also um $\frac{na}{n-1} - a$ $= \frac{a}{n-1}$ grösser als jener, und der Limbustheil durch den Nonius noch in $n - 1$ Theile zerlegt.

Der Unterschied zwischen zwei, drei, vier Theilen des Limbus und Nonius beträgt dann $\frac{2a}{n-1}$, $\frac{3a}{n-1}$, $\frac{4a}{n-1}$ u. s. w.

Auch bei dieser Einrichtung hat man den Strich auf dem Nonius aufzusuchen, welcher mit einem Limbusstriche genau zusammentrifft. Hier werden aber die Noniustheile mit den Theilen des Bogens, oder der Linie nicht nach derselben, sondern in widerstreitender Richtung gezählt. So ist auf der Scala der Barometer von Greiner jun. der Pariser Zoll in ganze und halbe Linien getheilt; von letzteren umfasst der Nonius 26, welche in 25 gleiche Theile zerlegt sind, demzufolge gestattet die Scala eine directe Ablesung von $\frac{1/2}{26-1} = \frac{1}{50} = 0{,}02'''$.

Die feingetheilten Nonien werden mit Hülfe eines kleinen Mikroskops oder einer kräftigen Loupe beobachtet; hierbei stellt sich dann heraus, dass nur höchst selten zwei Theilstriche völlig genau zusammenfallen. Wenn dieses der Fall ist, so bleibt dem Beobachter nur übrig, kleinere Theile, als der Nonius angiebt, nach dem Augenmaasse zu schätzen. Hierbei kommt dann zugleich das Verhältniss der Breite der Theilstriche zu dem kleinsten Unterschiede zwischen einem Nonius- und einem Limbustheile in Betracht.

Erfordernisse eines guten Sextanten und seiner Theile.

Bevor man den Sextanten, oder Octanten zur Messung anwenden darf, muss man denselben sorgfältig prüfen. Hierbei hat man zu untersuchen: 112

1. Bei dem Octanten, dessen Körper gewöhnlich von Holz ist, ob letzteres sich etwa geworfen oder gezogen habe; dieses kann sehr wohl der Fall sein, namentlich wenn das Holz bei seiner Verarbeitung nicht gehörig trocken war. In Folge hiervon zeigen sich auch wohl da, wo die verschiedenen Theile aneinanderstossen, Fugen. Diese Fehler kann ein solches Instrument aber auch dadurch erhalten, wenn es längere Zeit an einem feuchten Orte und dann wieder trocken liegt.

Der Sextant, dessen Körper gewöhnlich aus Messing gearbeitet ist, muss gehörig stark und so gearbeitet sein, dass sich seine Fläche nicht durchbiegt. Dabei darf er aber nicht zu schwer sein.

2. Die Bewegung muss in allen Theilen leicht und frei geschehen, einerseits ohne zu schlottern, d. h. einen Spielraum zu gestatten, andererseits ohne Klemmung.

3. Muss man prüfen, ob die Theilungen auf dem Limbus und Nonius richtig sind.

4. Die Oberflächen der Spiegelgläser müssen vollkommen eben und die vordere und hintere Fläche einander parallel sein.

5. Dasselbe muss mit den gefärbten Gläsern der Fall sein.

6. Der Index muss sich um eine Axe von gehöriger Länge bewegen, welche genau im Centrum steht.

Ist dieses letztere nicht ganz genau der Fall, so sagt man, das Instrument sei excentrisch.

7. Die beiden Spiegel müssen auf der Ebene des Limbus und auf der Umdrehungsebene der Alhidade vollkommen senkrecht stehen.

8. Die Axe des Fernrohrs muss eine der Ebene des Limbus parallele Lage haben.

9. Beide Spiegel müssen, wenn die Alhidade auf 0^{0} steht, genau parallel sein.

113 Die von (1) bis (6) aufgeführten Fehler kann der Beobachter wohl auffinden und nachweisen, aber nicht corrigiren. Auf sie muss daher gleich bei Anschaffung eines neuen Instruments vorzugsweise geachtet werden. Sind Fehler der Theilung des Limbus, des Nonius und der Excentricität vorhanden, so muss das Instrument verworfen und dem Verfertiger zurückgegeben werden.

Haben die Spiegel, oder die Blendgläser Mängel, so lässt man sie umtauschen. Ist man aber gezwungen, sich eines mit einem oder dem andern Fehler behafteten Instruments zu bedienen, so muss der Fehler in die Rechnung aufgenommen werden.

Die unter (7) bis (9) aufgeführten Fehler lassen sich mittelst der an jedem guten Instrumente angebrachten Vorrichtungen verbessern.

B. Prüfung und Correction des Sextanten.

1. Prüfung der Theilung.

114 Ein Werkzeug mit fehlerhafter Theilung ist unbrauchbar, und der Verfertiger ist gehalten, dasselbe zurückzunehmen. Wenn an jedes Messinstrument von vornherein schon die Forderung gestellt werden muss, dass es möglichst vollkommen construirt sei, so ist dieses bei dem Sextanten und Octanten in um so grösserem

Maasse der Fall, weil halbe Grade auf dem Bogen ganzen Graden der gemessenen Winkel entsprechen, und jeder, der mit einem solchen Instrumente observiren will, muss zuvörderst die Genauigkeit der Theilung auf das strengste prüfen, weil aus dem angegebenen Grunde jeder Fehler auf der Theilung des Bogens bei der Beobachtung sich verdoppelt.

In dieser Beziehung hat man zuvörderst darauf zu sehen:

a. Dass die Substanz, auf welcher die Gradeintheilung beim Octanten aufgetragen ist, gewöhnlich Elfenbein, genau in den Limbus eingelegt ist, überall genau anschliesst und nirgend darüber hervorsteht.

b. Dass die Theilstriche möglichst fein und gerade sind, und genau die Richtung der Radien des Instruments haben. Daneben ist es sehr wichtig, dass sie alle von gleicher Stärke und Breite sind.

c. Die Theile müssen überall genau gleich sein. Dieses prüft man dadurch, dass man den Nonius mit dem correspondirenden Theile des Limbus vergleicht. Man schiebt den Index sammt dem darauf befindlichen Nonius von Theilstrich zu Theilstrich fort und untersucht, ob die Endstriche des Nonius genau mit den Theilstrichen des Limbus zusammenpassen. Findet dieses allenthalben genau statt, so ist nicht nur die Theilung und die Bogenweite des Nonius richtig, sondern es ist auch keine Excentricität vorhanden.

Auf ähnliche Weise prüft man auch die Theilung des Nonius, indem man jeden Theilstrich desselben auf einen Theil des Limbus genau einstellt und untersucht, ob die folgenden Theilstriche des Nonius und Limbus überall genau um gleiche Theile einer Strichdicke überstehen. Bei einem Instrumente, welches im Uebrigen allen Anforderungen entspricht, werden die sich hierbei etwa ergebenden Fehler aufgezeichnet, und bei künftigen Beobachtungen in Rechnung gebracht. Gleicht sich innerhalb eines gewissen Bogens, z. B. von 60°, die Summe der positiven und negativen Theilungsfehler des Limbus aus, so ist dieser Bogen richtig und auch der Nonius fehlerfrei; wenn hingegen der Nonius nirgends mit den Theilstrichen des Limbus zusammenpasst, so muss man ihn für fehlerhaft halten.

Die eben angegebene Prüfung erfordert Sorgfalt und Geduld; diese darf man sich aber nicht verdriessen lassen; dabei ist noch zu merken, dass dieselbe in möglichster Schärfe nur mit einer

Loupe ausgeführt werden kann. Bei Anwendung einer Loupe oder eines Mikroskops hat man immer darauf zu achten, dass der Mittelpunkt der Loupe jedesmal über dem zu betrachtenden Theilstriche liegt und dass die Pupille im Auge, der Mittelpunkt der Loupe und der Theilstrich jedesmal in einer geraden, auf dem Körper des Instruments senkrecht stehenden Linie liegen. Dieses letztere ist auch dann wohl zu beachten, wenn die Grösse eines gemessenen Winkels abgelesen wird.

Ergiebt die eben angegebene Prüfung, dass die Theilung richtig ist, so können die Theile selbst doch noch an einem bedeutenden Fehler leiden. Wenn nämlich beim Octanten die Sehne des Bogens von 45°, oder beim Sextanten die des Bogens von 60°, und demzufolge auch der Bogen nicht ganz genau die dem Halbmesser des Instruments entsprechende Länge hat, so sind die Theile, wenn auch unter einander gleich, doch unrichtig. Um sich zu überzeugen, dass ein Instrument von diesem Fehler frei ist, misst man Winkel, deren Grösse entweder schon durch Messung mit einem geprüften Instrumente, oder durch Rechnung bekannt ist, oder man nimmt eine Rundmessung vor, d. h. man misst von einem beliebigen Standpunkte aus die Winkel, unter welchen einige sechs, oder acht ringsum und im Horizonte liegende Gegenstände gesehen werden. Bei genauer und scharfer Messung mit einem richtigen Instrumente beträgt die Summe dieser Winkel 360°. Uebrigens muss bei solcher Prüfung die Parallaxe berücksichtigt werden (vergl. §. 118).

2. Prüfung der Spiegelgläser.

115 Um die Spiegel zu prüfen, hält man das Instrument so, dass die Spiegel etwa 12 Zoll vom Auge entfernt sind, sieht dann unter sehr kleinem Winkel schräg darauf und lässt die Lichtstrahlen von der Flamme eines Lichtes, oder eines andern entfernt liegenden, sehr scharf begrenzten, hell beleuchteten Gegenstandes durch den Spiegel reflectiren. Erscheint hierbei das Bild im Spiegel deutlich, einfach und scharf begrenzt, so ist die Oberfläche der Spiegel gut. Erscheint es aber mit gebogenen, schartigen, getheilten Rändern, sieht man es doppelt oder mehrfach, so ist das Glas uneben, aderig und die vordere Fläche ist mit der hinteren nicht parallel. Der Spiegel muss in diesem Falle durch einen anderen ersetzt werden.

Möglichst scharf wird die angegebene Prüfung, wenn man das Bild im Spiegel mit einem, nicht zum Instrumente gehörenden, möglichst kräftigen Fernrohre betrachtet.

Folgendes Verfahren giebt eine Prüfung des grossen und kleinen Spiegels zugleich ab. Nachdem man das Ocular des Sextantenfernrohrs ganz genau auf den Focus gestellt und das Blendglas vor das Ocular geschroben hat, beobachtet man das von beiden Spiegeln reflectirte Bild der Sonne. Ergiebt sich hierbei, dass das Sonnenbild ganz vollkommen scharf begrenzt und gehörig rund ist, so darf man annehmen, dass die Oberflächen der Spiegel eben sind.

Sind die Spiegel gut, so hat man darauf zu achten, dass sie bei Adjustirung des Instruments nicht durch allzugrossen und ungleichen Druck der hinter ihnen befindlichen Schrauben cylinderförmig oder sphärisch gebogen werden.

3. Prüfung der farbigen Gläser.

Die farbigen Gläser werden durch eine auf den Mond gerich- 116
tete Beobachtung untersucht. Nachdem sämmtliche gefärbte Gläser zurückgeschlagen sind, bringt man den Gegenstand im Tubus und sein reflectirtes Bild durch Drehung der Alhidade so neben einander, dass sich beide mit den Rändern berühren. Hierauf dämpft man das Licht, indem man ein Blendglas nach dem andern aufsetzt. Zeigt sich hierbei, dass die Berührung verändert wird, so sind Vorder- und Hinterfläche der Blendgläser nicht parallel.

Wenn man indessen immer dieselben Blendgläser anwendet und hiernach den Index- oder Collimationsfehler bestimmt, so hat die keilförmige Gestalt keinen nachtheiligen Einfluss. Ebenso kommt bei einem Blendglase, welches vor dem Oculare des Fernrohrs angebracht ist, eine geringe Abweichung seiner Flächen vom Parallelismus wenig in Betracht, weil alsdann die Strahlen beider Bilder auf gleiche Weise abgelenkt werden. In allen Fällen, wo man bei einer Observation nur die Gläser S (Fig. 42) oder die Gläser T gebraucht, wie bei der Messung des Abstandes des Mondes von der Sonne, werden die durch die gefärbten Gläser hervorgerufenen Fehler nicht eliminirt. Wie man in diesem Falle verfährt, wird weiter unten bei Bestimmung des Indexfehlers gezeigt.

4. Prüfung der Excentricität.

117 Die Excentricität ist beim Octanten und Sextanten sehr schwer nachzuweisen. Wenn dieselbe in bedeutendem Maasse vorhanden ist, so fällt:

a. der Bogen des Nonius mit dem eingetheilten Kreisbogen auf dem Limbus nicht an allen Stellen genau zusammen. Ueber Grösse und Lage der Excentricität bleibt man hierbei aber ungewiss.

Vorausgesetzt, die Theilung sei richtig, so lässt sich die etwa vorhandene Excentricität durch Winkelmessung finden. Man misst in diesem Falle aus einem und demselben Standpunkte zwei neben einander in einer Ebene liegende Winkel, a und b, einzeln, hierauf misst man den Winkel $a + b$, und vergleicht die Summe von a und b mit der durch Messung gefundenen Grösse des Winkels $a + b$. Findet man bei verschiedenen Messungen von ungleichen Winkeln die berechnete Summe mit der beobachteten übereinstimmend, so kann man das Instrument für fehlerfrei halten.

Ein sehr übler, schwer zu ermittelnder Umstand würde aber der sein, wenn bei dem Instrumente der Bogen nicht die richtige Länge hätte, und zugleich an dem Fehler der Excentricität litte.

5. Die Parallaxe des Sextanten.

118 Die eben in Beziehung auf die Excentricität sowie die zur Erforschung der Richtigkeit der Theilung angestellten Messungen können, wenn die gemessenen Punkte auf der Oberfläche der Erde liegen, nur dann ein richtiges Ergebniss liefern, wenn man dabei die Parallaxe des Sextanten berücksichtigt.

Es sei SEK (Fig. 46) der zu messende Winkel, SOK aber der, welcher durch das Instrument gefunden wird. Weil $SEK = SOK + EKO$, so wird der gesuchte Winkel um EKO zu klein gefunden. Dieser Winkel EKO heisst die Parallaxe des Sextanten. Ist der durchs Fernrohr unmittelbar gesehene Gegenstand sehr weit entfernt, so wird die Parallaxe so klein, dass sie unbeachtet bleiben und der Winkel SEK für den wahren angenommen werden kann.

Die Parallaxe hängt von der Entfernung des unmittelbar durch den Kimmspiegel gesehenen Gegenstandes EK, und von

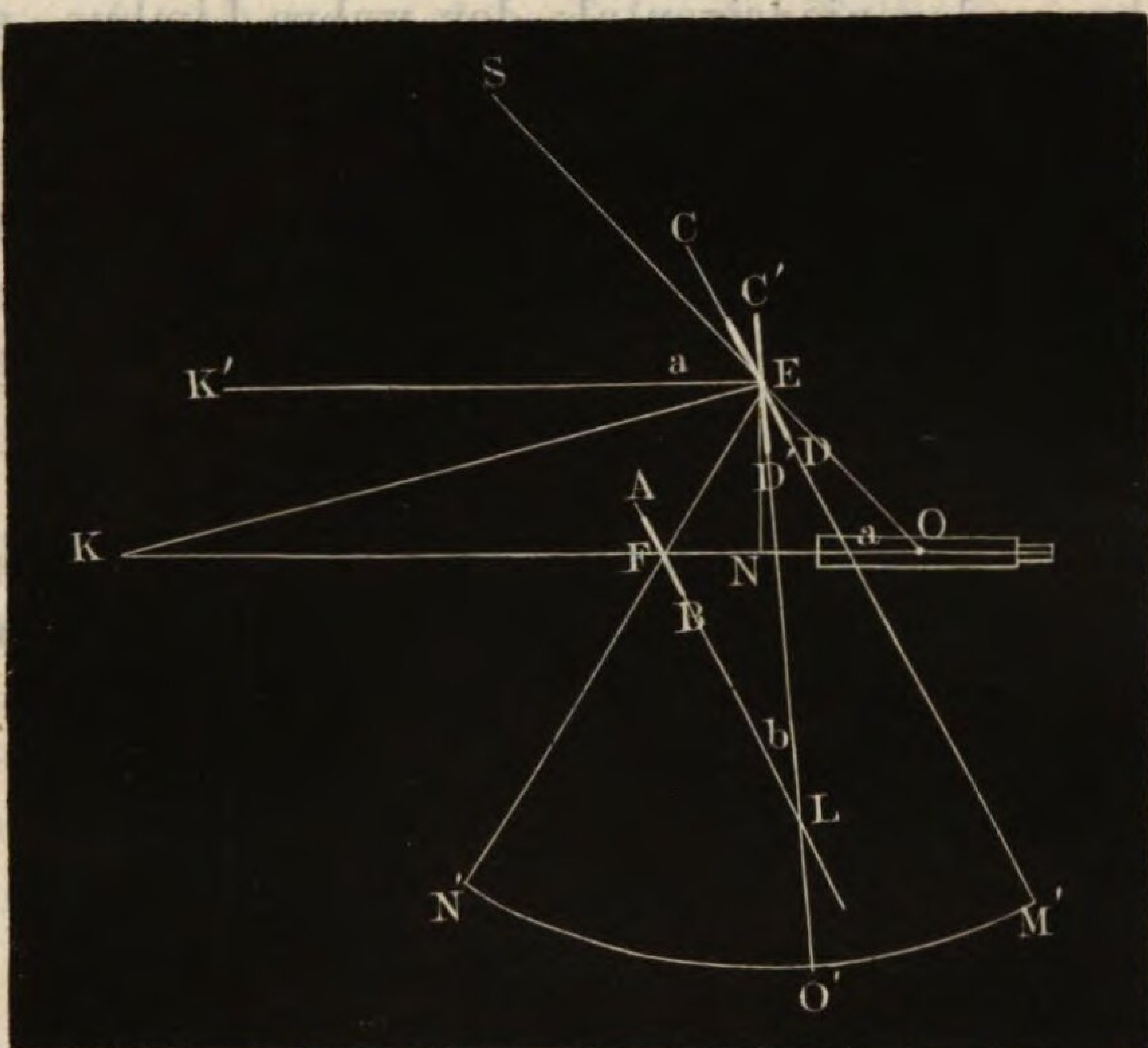
EN, dem senkrechten Abstande des Drehungs-Mittelpunktes E von der Axe des Fernrohrs ON ab. Es ist:

$$\sin. EKN = \frac{EN}{KE},$$

oder weil EN im Verhältniss zu EK sehr klein ist:

$$EKN = 206265 \, \frac{EN}{KE}.$$

Fig. 46.



Dieser Winkel muss zu dem beobachteten hinzuaddirt werden, um den wahren zu erhalten. Die Grösse EN bestimmt man durch Messung auf dem Instrumente, NK muss aber anderweitig bekannt sein.

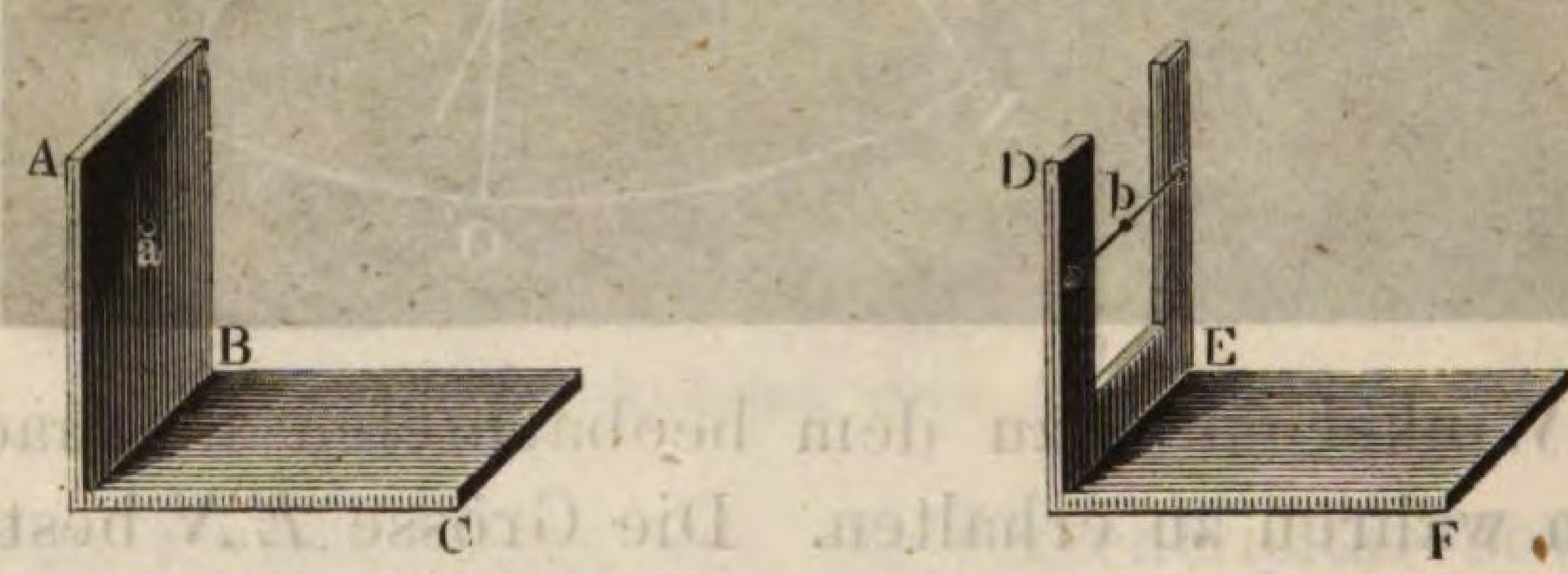
ß. Prüfung des senkrechten Standes des grossen Spiegels.

Gewöhnlich wird der grosse Spiegel schon von dem Verfertiger des Instruments in die Lage gebracht, dass er auf der Ebene 119
des Limbus oder auf der damit parallelen Umdrehungsebene der Alhidade senkrecht steht, daher fehlen an manchen Instrumenten die Schrauben, welche erforderlich sind, um an der Stellung in der bezeichneten Lage etwas ändern zu können. Jedenfalls muss man sich aber vor dem Gebrauche des Instruments über den richtigen Stand des Spiegels Gewissheit verschaffen. Dieses geschieht einfach dadurch, dass man die Alhidade durch Drehung in die

Mitte des Instruments bringt, so dass der Nullpunkt des Nonius beim Sextanten etwa auf 60°, beim Octanten auf 45° fällt, und sie dann mittelst der Bremsschraube festsetzt. Hierauf hält man das Instrument in horizontaler Lage so vor das Auge, dass der grosse Spiegel dem Auge sehr nahe ist, und dass letzteres den Limbus und zugleich das reflectirte Bild desselben im Spiegel sieht. Bilden dann beide eine continuirliche Linie ohne Bruch, so steht der Spiegel gut. Erscheint aber der im Spiegel sichtbare Theil des Limbus höher, oder niedriger als der wahre Limbus, so drücke man den Spiegel von der Rückseite her oben schwach mit dem Finger und beachte, ob der Fehler dadurch vergrössert oder verkleinert wird. Ist dieses geschehen, so kann man nicht mehr in Ungewissheit sein, welche Lage dem Spiegel gegeben werden muss und in welcher Richtung die Correctionsschrauben wirken müssen, um die bezeichnete continuirliche Linie des Limbus und seines Bildes zu erhalten.

Man kann den senkrechten Stand des grossen Spiegels auch durch zwei Diopten prüfen. Diese zeigt Fig. 47. Bei ihnen steht die Ebene AB senkrecht auf dem Fusse BC, und DE senkrecht

Fig. 47.



auf EF, die beiden Diopten stehen also auf jeder beliebigen Ebene, auf welche sie gesetzt werden, senkrecht. In der Platte AB findet sich das Visirloch a, in DE der der Grundfläche parallele Visirfaden b.

Um nun zuvörderst zu prüfen, ob die Diopten richtig sind, setzt man sie auf eine ebene Spiegelplatte, so dass die Rückseite von AB und DE an einander zu liegen kommen. Berühren sich alsdann die Rückseiten in allen Punkten, und geht der Visirfaden genau durch die Mitte des Visirlochs, so sind die Diopten richtig.

Um nun den senkrechten Stand des grossen Spiegels durch Hülfe solcher Diopter zu prüfen, schraubt man zuvörderst den Träger des Fernrohrs vom Sextanten, legt das Instrument auf einen Tisch und dreht die Alhidade vom Limbus herab und so

weit zurück, bis die Ebene des grossen Spiegels senkrecht auf dem durch den Nullpunkt der Theilung gehenden Halbmesser des Instruments steht. Hierauf setzt man die Diopter mit dem Visirfaden auf den Körper des Instruments, so nahe an den grossen Spiegel wie möglich, die Oculardiopter aber auf den Limbus über den Nullpunkt der Theilung. Hat nun der grosse Spiegel die gehörige senkrechte Stellung, so erscheinen das Visirloch, der Visirfaden und die Bilder von beiden dem Auge in gerader Linie hinter einander. Ist letzteres aber nicht der Fall, so muss dem Spiegel durch die Correctionsschrauben die gehörige Stellung gegeben werden. Denselben Versuch wiederholt man, indem man die Oculardiopter noch an verschiedenen Stellen des Limbus aufstellt.

7. Prüfung, ob die Axe des Fernrohrs mit der Ebene des Limbus parallel ist.

Ist die Axe des Fernrohrs mit der Ebene des Limbus nicht 120
parallel, so werden die gemessenen Winkel zu gross gefunden. Zur Prüfung dieses Parallelismus kann man sich der eben beschriebenen Diopter bedienen, wenn man sie so hat vorrichten lassen, dass das Visirloch und der Visirfaden ungefähr so weit vom Fusse entfernt sind, wie die Mitte des Fernrohrs von der Ebene des Limbus. Man legt den Sextanten auf eine passende horizontale Unterlage, setzt die Objectivdiopter dicht an den kleinen Spiegel, die Oculardiopter neben das Fernrohr und richtet die Ebene des Instruments so, dass ein entfernter Gegenstand, welcher auch durch das Fernrohr sichtbar ist, vom Diopter gedeckt wird. Erblickt man dann, durch das Fernrohr sehend, den beobachteten Gegenstand genau zwischen dem mit der Ebene des Instruments parallelen Visirfaden des Fernrohrs und dem Diopterfaden, so ist die Axe des Fernrohrs mit der Ebene des Limbus parallel. Im entgegengesetzten Falle muss mit der Lage des Fernrohrs die gehörige Aenderung vorgenommen werden. Dieses geschieht durch besonders dazu angebrachte Schrauben.

8. Prüfung des senkrechten Standes des kleinen Spiegels auf der Ebene des Limbus.

Nachdem man sich von der richtigen Lage des Indexspiegels 121
und Fernrohrs überzeugt hat, setzt man den Index auf den Nullpunkt, hält das Instrument horizontal und sieht mit dem nahe

über der Fläche des Instruments befindlichen Auge neben dem kleinen Spiegel hinweg nach der Kimme, oder nach einem andern scharf begrenzten Gegenstande. Erscheint dann die Kimme mit ihrem Bilde im kleinen Spiegel in gerader Linie, so steht der Spiegel vertical; steht aber das Bild höher oder tiefer, so ist er geneigt, und seine Lage muss durch die Correctionsschrauben geändert werden. Bei allen Correctionen muss ein Theil der Schrauben vorsichtig gelöst und der andere behutsam angezogen werden. Nie darf man dabei etwas durch Gewalt erzwingen wollen. Gebraucht man nicht die gehörige Vorsicht, und löst man nicht zuvörderst die eine Schraube, bevor man die andere anzieht, so kann man, anstatt dem Spiegel die gehörige Lage zu geben, denselben, je nach der Stellung der Schrauben, conisch, cylindrisch oder sphäroïdisch verbiegen, wenn nicht gar zerbrechen. Der kleine Spiegel kann hinsichtlich seines senkrechten Standes auch dadurch geprüft werden, dass man einen hellen Stern, oder die Sonne beobachtet. Wenn man blos dadurch, dass man die Alhidade verschiebt, die Coincidenz des directen und gespiegelten Bildes herbeiführen kann, so ist der kleine Spiegel dem grossen parallel und steht folglich auf der Ebene des Fernrohrs senkrecht. Wenn aber die beiden Bilder durch die Bewegung der Alhidade nicht zur Deckung gebracht werden können, so bringt man sie durch eine entsprechende Bewegung der Alhidade so nahe wie möglich, setzt letztere fest und bewirkt die Coincidenz durch die Correctionsschrauben, welche sich hinter dem kleinen Spiegel befinden.

9. Schliesslich muss noch der kleine oder Kimmspiegel hinsichtlich seiner parallelen Lage mit dem grossen Spiegel geprüft werden.

122 Setzt man den Index genau auf den Nullpunkt des Limbus, so muss die Fläche des kleinen Spiegels der des grossen genau parallel sein. Um sich zu überzeugen, ob dieses der Fall ist, schraubt man den Tubus, oder auch das Rohr ohne Gläser an, hält das Instrument vertical und richtet das Sehrohr, oder den Tubus auf die Kimme. Erscheint hierbei das reflectirte Bild derselben im Kimmspiegel mit der durch den unbelegten Theil des letzteren gesehenen wahren Kimme genau in gerader Linie, so sind die Spiegel einander parallel. Trifft das Bild der Kimme mit der wahren nicht genau zusammen, so muss der kleine Spiegel mittelst der zu diesem Zwecke an und um demselben vorhan-

denen Schrauben so eingestellt werden, dass Obiges der Fall ist. Zu dieser Prüfung kann aber auch die Sonne, ein heller Stern, oder irgend ein entfernter Gegenstand dienen. Bei diesen müssen das Bild und der Gegenstand einander genau decken. Wird das Bild höher, oder niedriger gesehen als der Gegenstand, so sind die Spiegel nicht parallel, oder es ist, wie man sagt, ein Index- oder Collimationsfehler vorhanden; steht es aber seitwärts, so steht der eine, oder andere Spiegel nicht lothrecht auf der Ebene des Instruments (man vergleiche die unter 8. aufgeführte Prüfung).

Die Correction des Indexfehlers, welcher letztere auf das Maass des Winkels bedeutenden Einfluss hat, ist insofern mühsam zu bewerkstelligen, als der Spiegel, nachdem man ihn in die richtige Lage gebracht hat, sobald die Correctionsschrauben zu seiner gehörigen Feststellung angezogen werden, leicht wieder etwas verrückt wird. Aus diesem Grunde und weil durch vieles Stellen und Schrauben am Instrumente die Festigkeit des letzteren zu sehr leidet, so fehlen an den neueren Instrumenten die zur Verbesserung des Indexfehlers erforderlichen Schrauben. Man unterlässt diese Correction und bringt dafür den Index- oder Collimationsfehler in Rechnung. Da der Verfertiger des Instruments schon dafür sorgt, dass, wenn der Index auf 0° steht, beide Spiegel nahe parallel sind, so ist der Indexfehler immer nur klein.

10. Verfahren, um den Indexfehler zu finden.

Um den Indexfehler oder Collimationsfehler zu finden, richtet man das Fernrohr nach einem Gegenstande, welcher so weit 123
entfernt ist, dass die Parallaxe des Sextanten unmerklich klein wird. Dann bringt man mittelst der Haar- oder Mikrometerschraube das Bild mit dem Gegenstande, auf welches das Fernrohr gerichtet ist, es sei dieses die Sonne, der Mond, ein Stern, oder die Kimme, zur Deckung, und liest den Abstand des Index vom Nullpunkte der Theilung ab. Letzterer Abstand, in Minuten und Secunden ausgedrückt, ist der Collimations- oder Indexfehler. Liegt hierbei der Index links vom Nullpunkte der Theilung, d. h. nach dem kleinen Spiegel hin, so ist derselbe mit dem Minuszeichen in Rechnung zu bringen und muss von jedem gemessenen Winkel abgezogen werden; liegt er aber rechts, d. h. auf der Uebertheilung, so muss man ihn addiren. Die Limbustheilung geht nämlich gewöhnlich von rechts nach links. Neben

derselben ist, vom Nullpunkte ausgehend, von links nach rechts hin noch eine kleine Theilung angebracht. Dieses ist die Uebertheilung (*excedent limb* oder *arc of excess*), welche im Gegensatze zu dem eigentlichen Bogen negativ gezählt werden muss. Der Grund hierfür ergiebt sich, wenn man beachtet, dass zwar immer der Drehungswinkel des Index dem des grossen Spiegels gleich ist; wenn aber der Index beim Anfange der Drehung, wo beide Spiegel parallel sein müssen, nicht zugleich auf dem Nullpunkte steht, so kann der Drehungswinkel auf dem Limbus nicht richtig abgelesen werden, sondern wird immer um den Theil zu gross, oder zu klein gefunden, um welchen der Index des Nonius bei paralleler Stellung der Spiegel von 0^0 abweicht.

Schärfer, wie auf die eben angegebene Weise, findet man den Indexfehler, indem man mit dem zu prüfenden Instrumente den einfachen und doppelten horizontalen Durchmesser der Sonne misst.

Nachdem man das Blendglas vor das Ocular, oder die gefärbten Gläser vor die beiden Spiegel gebracht hat, bringt man den linken Rand des reflectirten Bildes mit dem rechten Rande des directen Bildes in Berührung und liest die Angabe des Nonius ab; hierauf bewegt man die Alhidade so, dass die beiden Sonnenbilder über einander weggehen, und bringt sie dann auf der andern Seite, mittelst der Mikrometerschraube, ebenfalls zur Berührung und liest auch hier den Nonius ab. Hat man nun die erste Ablesung $- a_1$, die zweite $+ a_0$ gefunden, so ist der Indexfehler die halbe Summe mit dem negativen Zeichen $a = - \frac{1}{2} (- a_1 + a_0)$. Durch das Viertel des Unterschiedes beider Ablesungen erhält man aber den Halbmesser der Sonne.

Hat man den auf der Theilung links vom Nullpunkte abgelesenen Bogen grösser als den auf der Uebertheilung abgelesenen Bogen gefunden, so wird der Indexfehler *minus* und muss von allen mit dem Sextanten gemessenen Winkeln abgezogen werden. Umgekehrt, ist der auf der Uebertheilung abgelesene Bogen grösser, so wird der Indexfehler mit dem Zeichen *plus* in Rechnung gebracht. Man erhält den Indexfehler nach Grösse und Zeichen, wenn man gleich bei der Ablesung die Lage des Index gegen die Theilung mit —, die gegen die Uebertheilung mit + in die Rechnung einführt.

Beispiel. Zur Bestimmung des Collimations- oder Indexfehlers wurde der horizontale Durchmesser der Sonne gemessen.

Bei Berührung der Ränder fand man auf der rechten Seite vom Nullpunkte + 30′ 10″, darauf bei der durch Verschiebung der Alhidade bewirkten Berührung der Ränder auf der andern Seite, auf der linken Seite vom Nullpunkte — 33′ 40″.

1. Ableitung des Indexfehlers:

Rechts von 0°	= + 30′ 10″
Links „ 0°	= — 33′ 40″
Summa . .	= — 3′ 30″
	(2
Indexfehler	= — 1′ 45″.

2. Bestimmung des Halbmessers der Sonne und Prüfung der Messung:

	+ 30′ 10″
	— 33′ 40″
Unterschied	= 63′ 50″
	(4
Halbmesser der Sonne	= 15′ 57,5″.

Der Indexfehler ändert sich nicht allein durch die Wandelbarkeit des Instruments in grösseren Zeitabschnitten, sondern auch schon, wenn die Temperatur der Luft sich ändert. Daher muss man ihn vor dem Beginne jeder Messung aufs neue bestimmen.

Oben ist gezeigt, dass die Fehler der farbigen Gläser auf die durch Beobachtung gefundene Höhe der Sonne keinen Einfluss haben, wenn man mittelst der bei Messung der Sonnenhöhe angewendeten Gläser auch den Indexfehler bestimmt.

Wenn man den Indexfehler durch Sonnenbeobachtung bestimmt hat, so lässt sich der Fehler der farbigen Gläser bequem und leicht entdecken und bestimmen, wenn letztere in ihren Fassungen umgelegt werden können, so dass der obere Theil derselben nach unten und die vordere Seite nach hinten kommt. Kehrt man nämlich die farbigen Gläser um, und bestimmt den Indexfehler noch einmal, so wird man ihn ebensoviel grösser, oder kleiner finden, als er anfangs zu klein, oder zu gross war, und die Differenz der beiden Bestimmungen ist der Fehler der farbigen Gläser.

Wenn die Blendgläser nicht umgekehrt werden können, so bestimmt man ihre Fehler dadurch, dass man durch eine auf den Mond gerichtete Beobachtung den Indexfehler ohne alle gefärbten Gläser ermittelt, dann, nachdem man das hellste grüne Glas dem

kleinen und hernach auch dem grossen Spiegel vorsetzt. Hierdurch erhält man die Fehler dieser Gläser. Ebenso bestimmt man den Fehler der dunkleren grünen Gläser. Nachdem man so den Fehler jedes einzelnen Glases gefunden hat, bestimmt man den Indexfehler durch Sonnenbeobachtung, indem man die dunkleren braunen und die hellsten grünen Gläser vorsetzt. Vergleicht man den sich hierbei herausstellenden Indexfehler mit dem, welchen man ohne die farbigen Gläser erhalten hat, so findet man den Fehler der beiden vorgesetzten Gläser; aus diesem und dem schon bekannten Fehler des grünen Glases kann man dann den Fehler des dunkleren Glases bestimmen.

C. Allgemeine Regeln für den Gebrauch des Sextanten und Octanten bei Messung von Winkeln.

Die Handhabung des Instruments

124 Der wesentlichste Vorzug des Sextanten liegt darin, dass derselbe kein Stativ erfordert; der Beobachter hält ihn mit freier Hand, wie aus Fig. 48 zu ersehen. Hierbei wird weder eine ganz besondere Stetigkeit der Hand, noch ein fester, ganz unveränderlicher Standpunkt des Beobachters erfordert. Selbst auf einem Schiffe wird durch die Bewegung und das Schwanken desselben die Winkelmessung mittelst des Sextanten nicht beeinträchtigt.

Fig. 48.



Nachdem man sich von dem guten Bau des Instruments überzeugt, dasselbe in allen seinen Theilen geprüft und gehörig corrigirt hat, darf der Beobachter hoffen, durch die mit dem Instrumente gemachten Observationen genaue und brauchbare Resultate zu erhalten. Das erste ist, dass man das Ocular auf den Focus einstellt und die Ocularröhre so dreht, dass die beiden in ihr ausgespannten Fäden mit der Ebene des Sextanten parallel sind. Stetigkeit der Hand wird dem Beobachter immer zu Gute kommen. Bei den Anfängern habe ich mich von dem Grade derselben dadurch vergewissert, dass ich ihnen eine Dosenlibelle in die Hand gab, und dann die Luftblase zum Einspielen bringen liess.

Sowohl der Sextant, als der Octant wird mit der rechten Hand gehalten. Mit letzterer ergreift man das Instrument von der hintern oder Rückseite. Ist nun die Diopter, oder das Fernrohr

dem Auge zugekehrt, und wird der Körper des Instruments vertical gehalten, so ist die vordere Seite, auf welcher sich die Theilung befindet, der linken Hand zugekehrt; hält man das Instrument aber horizontal, so ist die vordere Seite nach oben gerichtet.

Beim Spiegelsextanten, an welchem ein Handgriff, ergiebt sich die richtige Haltung gewissermaassen von selbst. Nicht so beim Octanten. Dieser wird von den Seeleuten gewöhnlich so gehalten, dass sie den mittlern, vom Mittelpunkte nach dem Limbus gehenden Riegel mit der Hand umfassen, wie dieses aus Fig. 48 zu ersehen. Dieses ist aber unzweckmässig, weil hierbei die Lage der Finger eine freie, leichte und sichere Drehung der Alhidade verhindert, und die Winkel weder genau noch schnell gemessen werden können. Zweckmässiger ist es, das Instrument so zu fassen, dass der Daumen zwischen den Objectivspiegel und das Fernrohr, die Zeigefinger aber in den halbkreisförmigen Ausschnitt zwischen den zum Objectivspiegel gehörenden Blendgläsern und den Kimmspiegel, der Mittelfinger zwischen die Blendgläser und den Kimmspiegel, der Ringfinger und der kleine Finger aber in die Biegung unter den Kimmspiegel zu liegen kommen.

Die Winkelmessung selbst.

Um hierauf mittelst des Sextanten, oder Octanten einen Win- 125
kel zu messen, stellt man den Index auf 0^0 der Theilung und dreht das Instrument so, dass die vordere Seite des Körpers des Instruments in die Ebene zu liegen kommt, in welcher der Winkel liegt, welcher gemessen werden soll. Hieraus ergiebt sich, dass, um die Höhe eines Himmelskörpers zu messen, das Instrument eine verticale Lage haben muss. Liegt aber der zu messende Winkel auf der Oberfläche der Erde, so muss man dasselbe in horizontaler, oder schräger Lage halten.

Hierauf richtet man, durch das Fernrohr und den unbelegten Theil des Kimmspiegels hindurchsehend, die Axe des Fernrohrs auf den Himmelskörper, dessen Höhe gemessen werden soll.

Bezweckt man eine Sonnenhöhe zu messen, so schwächt man, bevor das Fernrohr auf die Sonne gerichtet wird, das Licht durch Blendgläser. Erst durch die Stärke des Lichts ergiebt sich, wie viele und welche der farbigen Gläser zur Schwächung des Lichts gebraucht werden müssen. Um sich nicht zu irren und Fehler bei der Messung zu vermeiden, muss man die Gläser so wählen, dass

das durch den Kimmspiegel und das durch Reflexion gesehene Bild von verschiedener Farbe erscheinen.

Nachdem man die Sonne im Fernrohre hat, löst man die Bremsschraube und bewegt die Alhidade und zugleich das Instrument so, dass man das reflectirte Bild der Sonne fortwährend im Fernrohre behält, und setzt dieses so lange fort, bis die Sonne mit ihrem untern Rande fast genau die Kimme berührt. Ist dieses der Fall, so setzt man die Alhidade mittelst der Bremsschraube fest. Dann ergreift man die Mikrometerschraube und bringt mittelst der Umdrehungen dieser den untern Rand der Sonne auf dem Meere mit der Kimme, auf dem Festlande mit dem Ober- oder Unterrande des Sonnenbildes im künstlichen Horizonte aufs genaueste zur Berührung. Die Berührung oder das Zusammenfallen der Bilder muss in der Mitte des Raumes beobachtet werden, welcher im Gesichtsfelde des Fernrohrs zwischen den beiden Fäden enthalten ist, die der Ebene des Sextanten parallel sind. Bleibt dieses unbeachtet, so wird die Messung fehlerhaft, wegen der Neigung der Visirlinie gegen die Ebene des Sextanten.

Um sich zu vergewissern, dass der verticale Abstand der Sonne vom Horizonte durch das Instrument angegeben wird, giebt man dem Instrumente eine kleine Schwenkung um die Gesichtslinie. Streift hierbei das farbige Sonnenbild mit dem Unterrande genau über den Horizont hinweg, so hat die Alhidade die richtige Stellung.

Die Einstellung der Alhidade.

126 Anfänger im Beobachten, welche noch keine Uebung in der Manipulation des Sextanten haben, können sich die richtige Einstellung der Alhidade, um zwei Gegenstände zur Berührung oder Deckung zu bringen, dadurch erleichtern, dass sie das Fernrohr erst aus seiner Ringfassung herausschrauben, und alsdann durch die Ringöffnung, in welche das Fernrohr gehört, sehend, die Bilder der Gegenstände zur Berührung bringen. Nachdem dieses geschehen ist, wird das Fernrohr wieder eingeschroben, und nun die genauere Einstellung durch die Mikrometerschraube bewirkt. Besonders bei Messung von Monddistanzen ist dieses Verfahren dem Anfänger zu empfehlen.

Eine höchst wichtige Regel ist die, dass man die durch die Bremsschraube festgestellte Alhidade durch die Mikrometerschraube nicht zu weit fortführt, weil damit jedesmal eine Durchbiegung der Alhidade verbunden ist.

Höhe von Mond und Sternen.

Das Verfahren, um die Höhe des Mondes, oder eines Sternes 127
zu messen, ist dem bei Bestimmung einer Sonnenhöhe ganz gleich. Bei einer auf den Mond gerichteten Beobachtung wird jedoch nur das grüne Blendglas vorgesetzt. Bei Beobachtungen von Sternhöhen gebraucht man gar kein Blendglas.

Winkel irdischer Gegenstände.

Auch bei Gegenständen, welche sich auf der Oberfläche der 128
Erde befinden, sind die Blendgläser in der Regel nicht erforderlich. Um die Winkel zu messen, welche die Linien bilden, die man sich von irdischen Gegenständen nach seinem Standort gezogen denkt, bringt man die Ebene des Instruments in die Ebene, in welcher jene Winkel liegen, richtet das Fernrohr dann auf den zur Rechten befindlichen Gegenstand, und schiebt hierauf die Alhidade vom Nullpunkte der Theilung so weit fort, bis die Gegenstände zur Deckung, oder zur Berührung gebracht sind.

Messung von Monddistanzen.

Bei der Messung von Monddistanzen bringt man die Fläche 129
des Instruments in die durch das Auge des Beobachters, den Mittelpunkt des Mondes und den des Gestirns, dessen Abstand bestimmt werden soll, gelegt gedachte Ebene.

Im Uebrigen verfährt man, wie oben angegeben. Ist man hierbei genöthigt, beim Anfange der Messung das Fernrohr nach dem links gelegenen Objecte zu richten, so muss man den Sextanten umwenden und so halten, dass die Vorderfläche, auf welcher die Theilung liegt, nach unten gekehrt ist. Weiter unten wird ausführlicher über die Messung von Monddistanzen gehandelt werden.

Die Höhenwinkel der Sonne, des Mondes und der Fixsterne 130
sind, weil sie in verticalen Ebenen liegen, am leichtesten zu messen. Mehr Uebung erfordert die Messung der Winkel in Ebenen, welche mehr oder weniger gegen den Horizont geneigt sind. Die meiste Uebung ist zu der genauen Messung der Winkel erforderlich, bei welchen das Instrument in umgekehrter Lage gehalten werden muss.

Erscheint eins der beiden Bilder im Fernrohre nicht recht deutlich, so muss man den Sextanten ein wenig heben, oder senken, und zwar so lange, bis man seinen Zweck erreicht hat. Bei

irdischen Gegenständen darf man sich indess hierbei nicht täuschen, da die Klarheit des gespiegelten Objects bei der Reflexion durch die beiden Spiegel bedeutend herabgedrückt wird. Ja, es kommt nicht selten vor, dass der Sextant zur scharfen Pointirung weit entfernter Gegenstände zu lichtschwach ist.

III. Der künstliche Horizont.

131 Der künstliche Horizont besteht aus einem Kasten, welcher rund, oder viereckig und etwa ein drittel Zoll tief ist. Giesst man in ein solches Gefäss reines Quecksilber, so nimmt dieses von selbst eine horizontale Lage an und bildet einen Spiegel. Um das Quecksilber gegen Luftzug und die dadurch bewirkte Bewegung zu schützen, bedeckt man dasselbe mit einem Dache, welches die Gestalt eines rechtwinkeligen, dreiseitigen Prismas hat. Die Kathetenflächen dieses Prismas bestehen aus Glimmer (Marienglas), oder auch aus Glasscheiben. Ist letzteres der Fall, so ist es eine wesentliche Bedingung, dass die beiden Flächen eines jeden Glases genau eben und unter einander parallel sind, damit die Strahlen durch die Brechung nicht von der normalen Richtung abgelenkt werden. Dieses Dach wird so über das Gefäss gesetzt, dass die Ebene, in welcher die von den beobachteten Objecten kommenden Lichtstrahlen liegen, auf den Kathetenflächen des Daches rechtwinkelig steht.

Es ist schon angegeben, dass, wenn die Glasplatten des Daches eine prismatische Gestalt haben, die Richtung der Lichtstrahlen, welche durch sie hindurchgehen, geändert und hierdurch die gefundene Höhe mehr oder weniger fehlerhaft wird. In diesem Falle kann man aber die Messung von dem bezeichneten Fehler dadurch befreien, dass, wenn man einige Beobachtungen bei der ersten Lage des Daches gemacht hat, man das Dach so umstellt, dass die Seite, welche bis dahin dem Objecte zugekehrt war, jetzt dem Auge zugekehrt ist, und darauf eine mit der frühern übereinstimmende Anzahl von Beobachtungen macht. Das Mittel, welches sich dann aus den sämmtlichen Beobachtungen ergiebt, ist so von den durch die mangelhafte Beschaffenheit der Glasplatten bedingten Fehlern unabhängig.

Der Quecksilberhorizont hat die Eigenschaft, dass er das Licht stark reflectirt, was besonders bei Beobachtung von Sternhöhen angenehm ist. Andererseits geht er aber sehr leicht in

Wellenbewegung über und die Oberfläche kräuselt sich. Aus diesen und anderen Rücksichten bedient man sich statt des Quecksilbers auch wohl des Oels, welches mit Kienruss geschwärzt wird. Das Gefäss für letzteres wird dann aus Blech angefertigt.

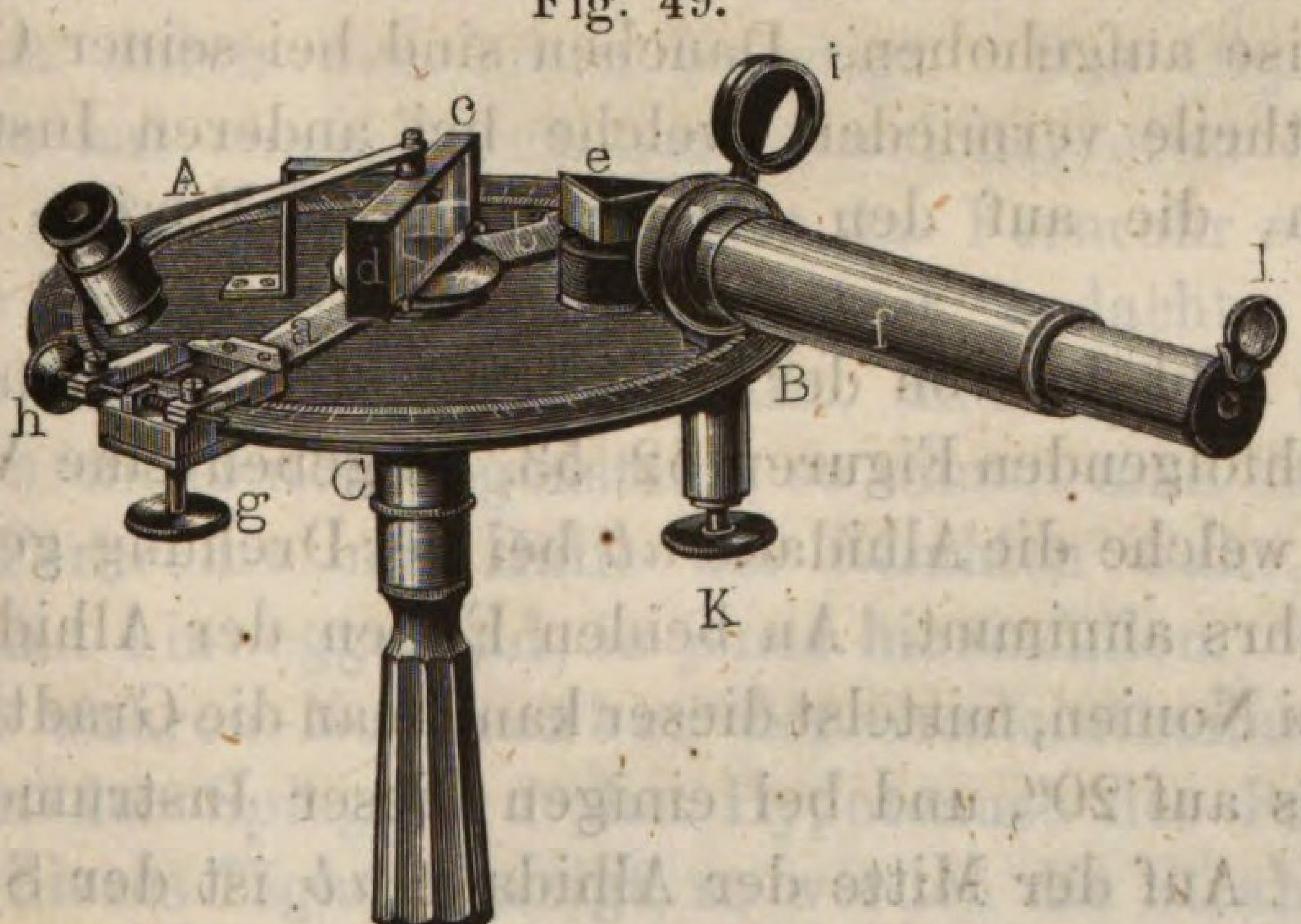
Ausser dem Quecksilber- und Oelhorizonte ist in dritter Stelle der Glashorizont gebräuchlich. Dieser besteht aus einer ganz ebengeschliffenen und polirten Platte von dunkelem Glase, welche auf einer Unterlage ruht, die durch drei Schrauben horizontal gestellt werden kann. Zu der richtigen Einstellung der Glasplatte ist dann noch eine empfindliche Röhrenlibelle erforderlich. Diese setzt man, nachdem sie berichtigt ist, in der Richtung zweier Stellschrauben auf die Glasplatte und bringt die Luftblase durch Drehen der Schraube zum Einspielen, dann ändert man die Lage der Libelle so, dass ihre neue Richtung auf der früheren rechtwinkelig steht, und bringt sie durch die dritte Schraube aufs Neue zum Einspielen. Ist dieses geschehen, so ist die gläserne Platte, welche als Horizont dienen soll, in die normale Lage gebracht.

IV. Die neuerfundenen Reflexionsinstrumente von Pistor und Martins.

Die Einrichtung und Handhabung der neuen Reflexionsinstrumente.

Der von Pistor und Martins in Berlin neuerfundene Re- 132
flexionskreis *) muss als eine Vervollkommnung der Instrumente, welche auf dem Principe der Spiegelung beruhen, betrachtet werden. Das neue Reflexionsinstrument (Fig. 49) unterscheidet sich

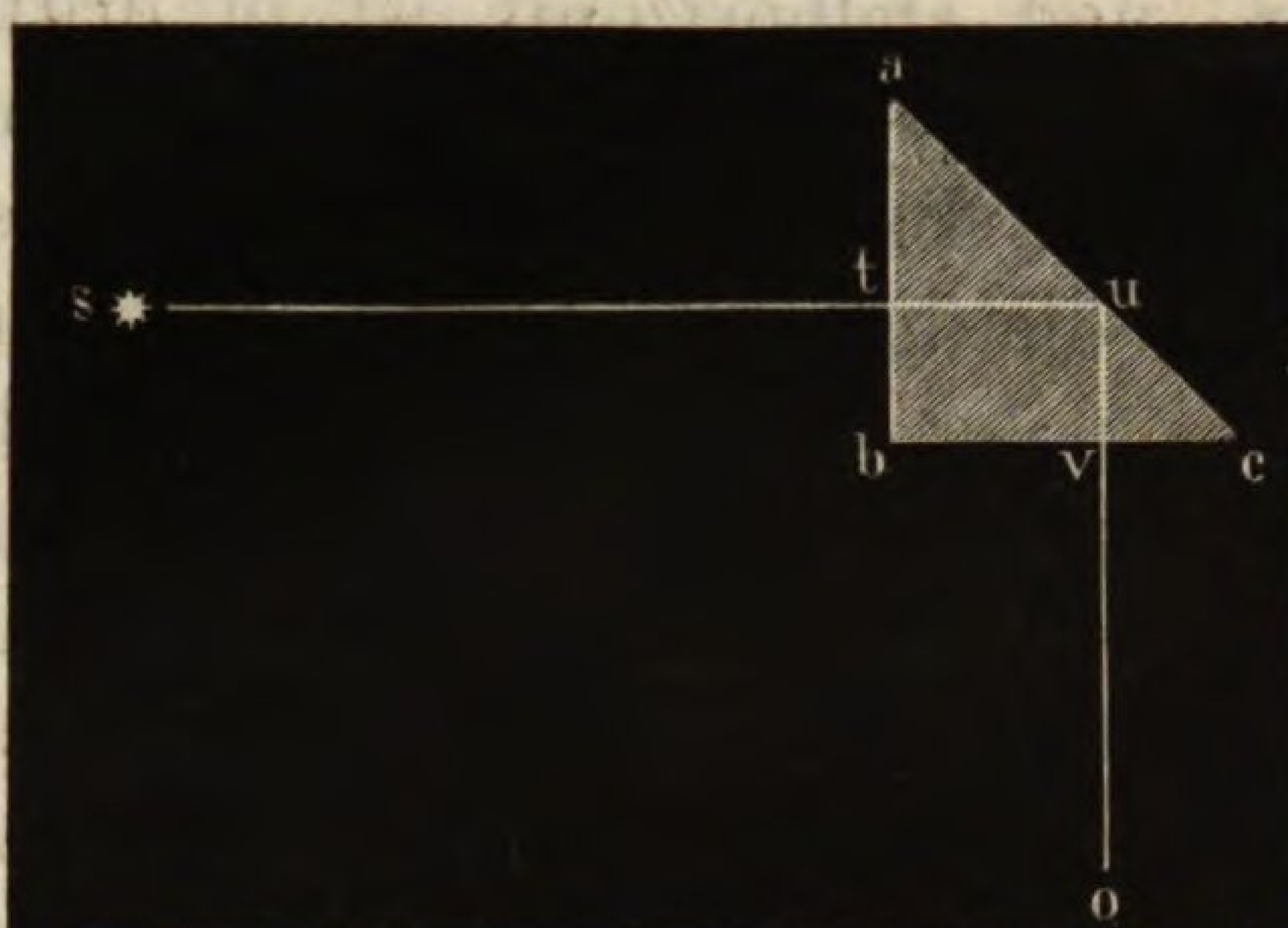
Fig. 49.



*) Die erste von den Erfindern herrührende Beschreibung des Instru-

von den früheren ältern Spiegelkreisen dadurch, dass statt des unbeweglichen kleinen Spiegels ein unbewegliches Glasprisma *abc* (Fig. 50) angebracht ist, auf welches die vom beweglichen Spiegel in *s* reflectirten Lichtstrahlen fallen und darauf bei *t* und *v* zweimal gebrochen und in *u* einmal vollständig im Innern des Prismas reflectirt werden. Sie treten darauf bei *o* ins Fernrohr und geben ein Bild, welches viel heller als das von der Zurückwerfung der Strahlen im zweiten oder kleinen unbeweglichen Spiegel bei Sextanten oder Spiegelkreisen hervorgebrachte ist.

Fig. 50.



Die Vorzüge des neuen Instruments vor den Sextanten sind:

Erstens, dass, wie eben angeführt, die Bilder der Gegenstände lichtstärker und schärfer begrenzt sind.

Zweitens, dass man alle Winkel von 0° bis 180° damit messen kann.

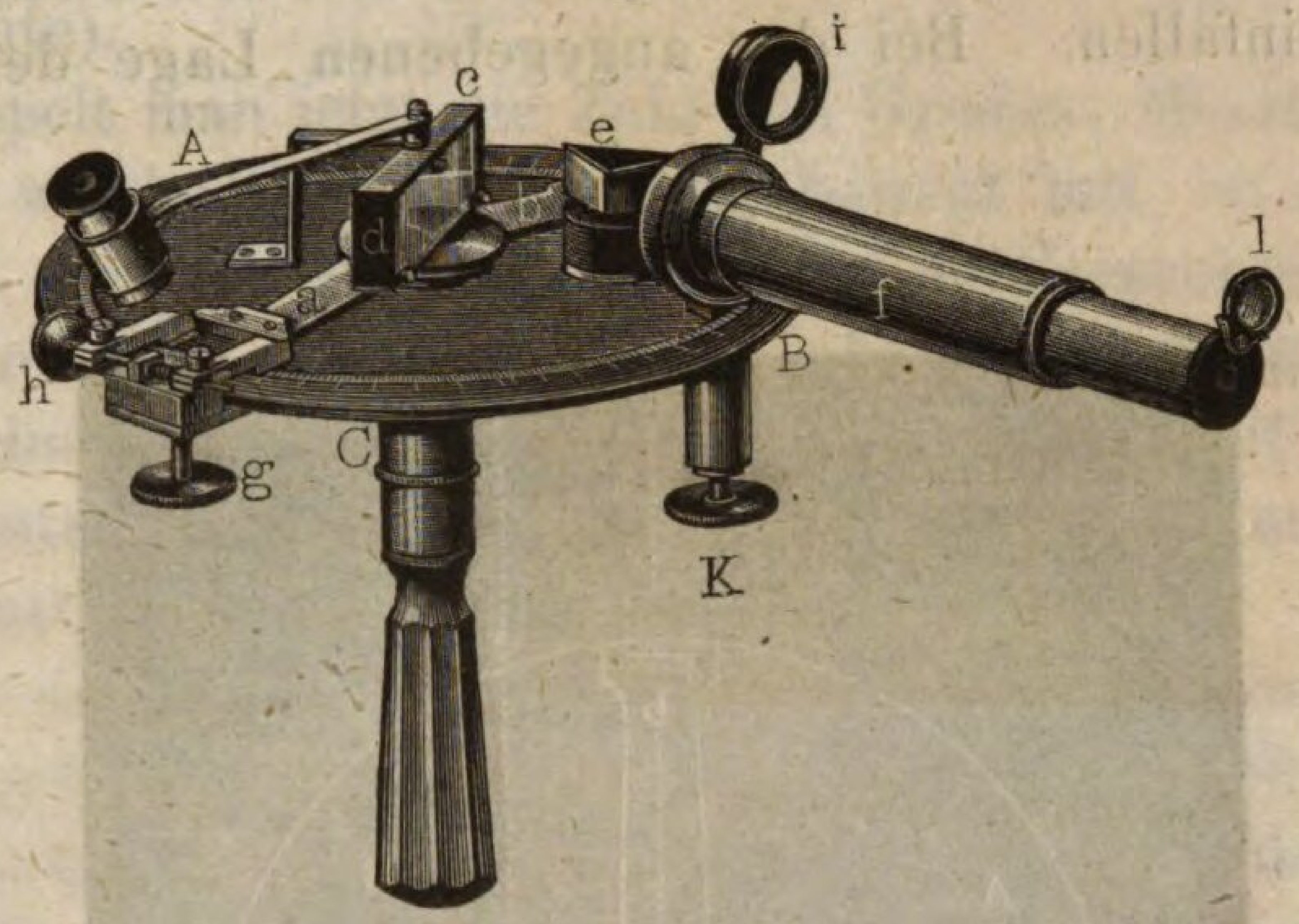
Drittens, vor den Sextanten hat das neue Instrument voraus, dass mit ihm eben so bequem, aber genauer, als mit jenem gemessen werden kann. Der von der Excentricität herrührende Fehler wird nämlich durch das Ablesen der zwei entgegengesetzten Nonien am Kreise aufgehoben. Daneben sind bei seiner Construction die Nachtheile vermieden, welche bei anderen Instrumenten vorkommen, die auf den eben genannten Vorzug Anspruch machen.

Fig. 51 ist das Bild des von der Seite betrachteten neuen Instruments. Die nachfolgenden Figuren 52, 53, 54 geben eine Vorstellung der Lagen, welche die Alhidade *ab* bei der Drehung gegen die Axe des Fernrohrs annimmt. An beiden Enden der Alhidade *ab* befinden sich zwei Nonien, mittelst dieser kann man die Gradtheilung unmittelbar bis auf 20″, und bei einigen dieser Instrumente bis auf 10″ ablesen. Auf der Mitte der Alhidade *ab* ist der Spie-

ments findet sich in Schumachers astronomischen Nachrichten, 1845, sowie in Neukrantz Berl. Gewerbeblatt Bd. XIV, Nr. 2. 1845.

gel *cd* senkrecht auf der Ebene des Kreises *A B C* befestigt. Dieser Spiegel dreht sich zugleich mit der Alhidade um die durch den Mittelpunkt des Kreises *A B C* gehende und einen rechten

Fig. 51.

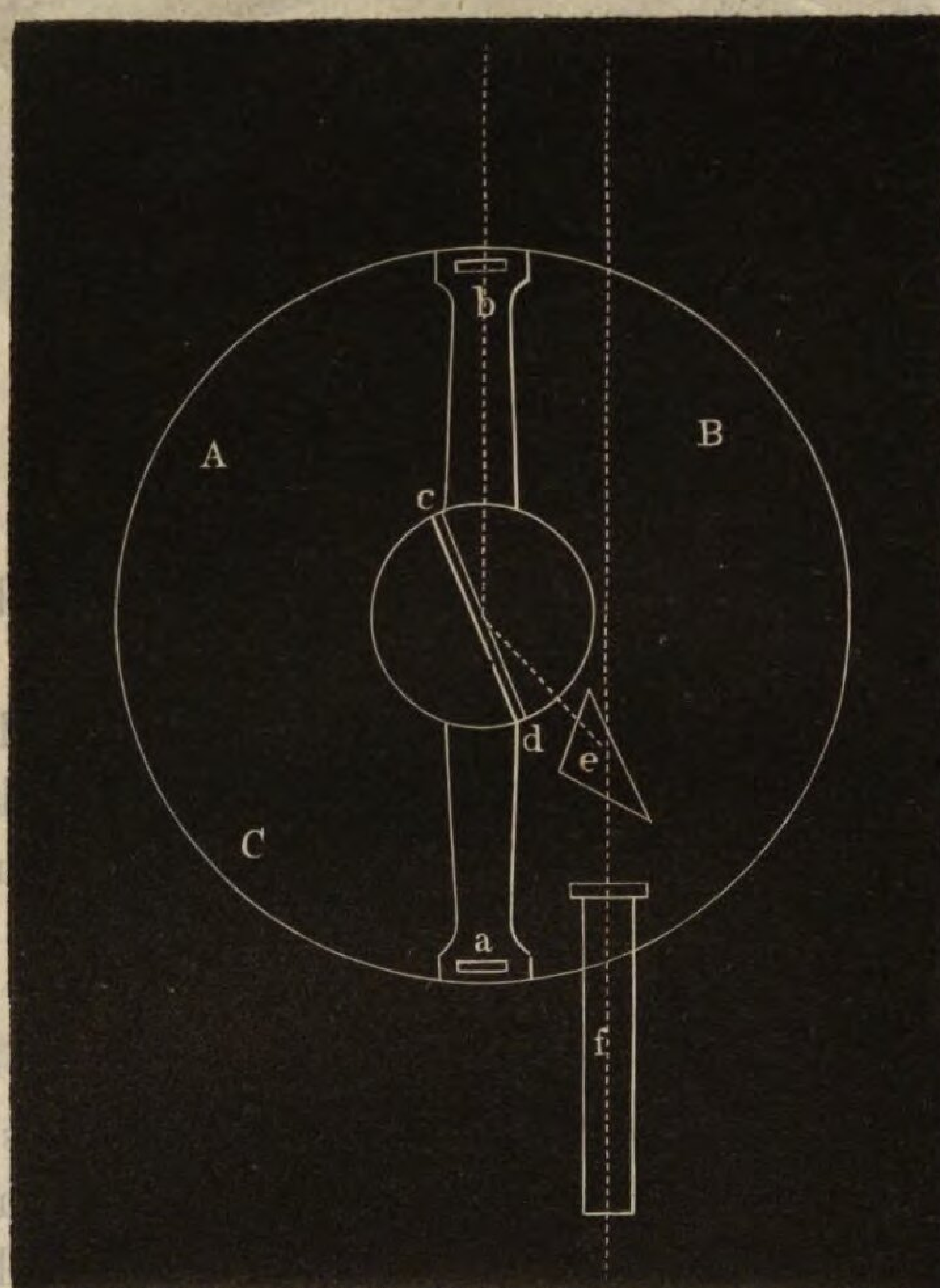


Winkel mit letzterem einschliessende Axe. In der Lage der Alhidade, welche Fig. 52 zeigt, kehrt der Spiegel seine reflectirende Seite gegen *B*. Unter *e* denke man sich das Bild des von oben gesehenen, dreiseitigen, gleichschenkeligen rechtwinkeligen Glasprismas, welches die Stelle des kleinen Spiegels beim Sextanten vertritt, und unter *f* das Fernrohr des Instruments.

Das Prisma, welches etwa die Höhe der Hälfte des Spiegels hat, steht senkrecht auf der Ebene des Limbuskreises, und ist auf dieser durch Schrauben befestigt. Das Objectivglas des Fernrohrs hat einen Durchmesser, welcher etwa der Höhe des Prismas gleich ist. Schraubt man das Fernrohr so weit in die Höhe, dass seine Axe in die erweitert gedachte Ebene der oberen Grundfläche des Prismas fällt, und richtet dasselbe dann auf einen entfernten Gegenstand, so nimmt man das Bild des letztern im Fernrohre mit Hülfe der Strahlen wahr, welche, über das Prisma hinweggehend, in jenes hineinfallen. Wenn die Alhidade dem wahren Nullpunkte der Gradeintheilung entspricht, d. h. wenn der Spiegel *cd* der Hypotenuse des Prismas parallel ist, wie dieses Figur 52 zeigt, so werden die Strahlen eines sehr weit entfernten Gegenstandes so auf das Instrument fallen, dass das reflectirte und das durch die über das Prisma hinweggehenden Strahlen direct gesehene Bild einander decken. Hierbei werden

die auf den Spiegel *cd* fallenden Strahlen zuerst zurückgeworfen, dann, auf das Prisma fallend, beim Eintritte in dasselbe nach der längern Seite hin gebrochen, von letzterem reflectirt, und endlich beim Austritte aus dem Prisma noch einmal und zwar so gebrochen, dass sie parallel mit den directen Strahlen in das Fernrohr einfallen. Bei der angegebenen Lage der Alhidade

Fig. 52.



bildet der auf den Spiegel fallende Strahl mit diesem einen Winkel, welcher etwa 20° beträgt.

Wenn man nun die Bremsschraube *g* (siehe Figur 51 auf vorhergehender Seite) löst und die Alhidade von 0° weg in einer Richtung fortbewegt, welche der zunehmenden Limbustheilung entspricht, darauf die Alhidade wieder festsetzt und nun das Fernrohr auf den früher beobachteten Gegenstand richtet, so werden durch den Spiegel Lichtstrahlen von einem an-

dern zur rechten Hand von dem zuerst beobachteten liegenden Gegenstande ins Prisma und von diesem aus ins Fernrohr gelangen, und in dessen Gesichtsfelde ein Bild des weiter rechts liegenden Gegenstandes bewirken, welches mit dem Bilde des ersten direct gesehenen Gegenstandes zusammenfallen wird (Fig. 53 auf folgende Seite).

Verdoppelt man jetzt die Zahl von Graden, Minuten und Secunden, um welche man die Alhidade bewegt hat, so erhält man den Winkel, welchen die von den beiden im Fernrohre gesehenen Gegenständen nach dem Auge des Beobachters gezogen gedachten Linien einschliessen. Auf diese Weise werden mit dem neuen Reflexionsinstrumente alle Winkel von 0° bis 120° auf ähnliche Weise wie mit dem Sextanten gemessen.

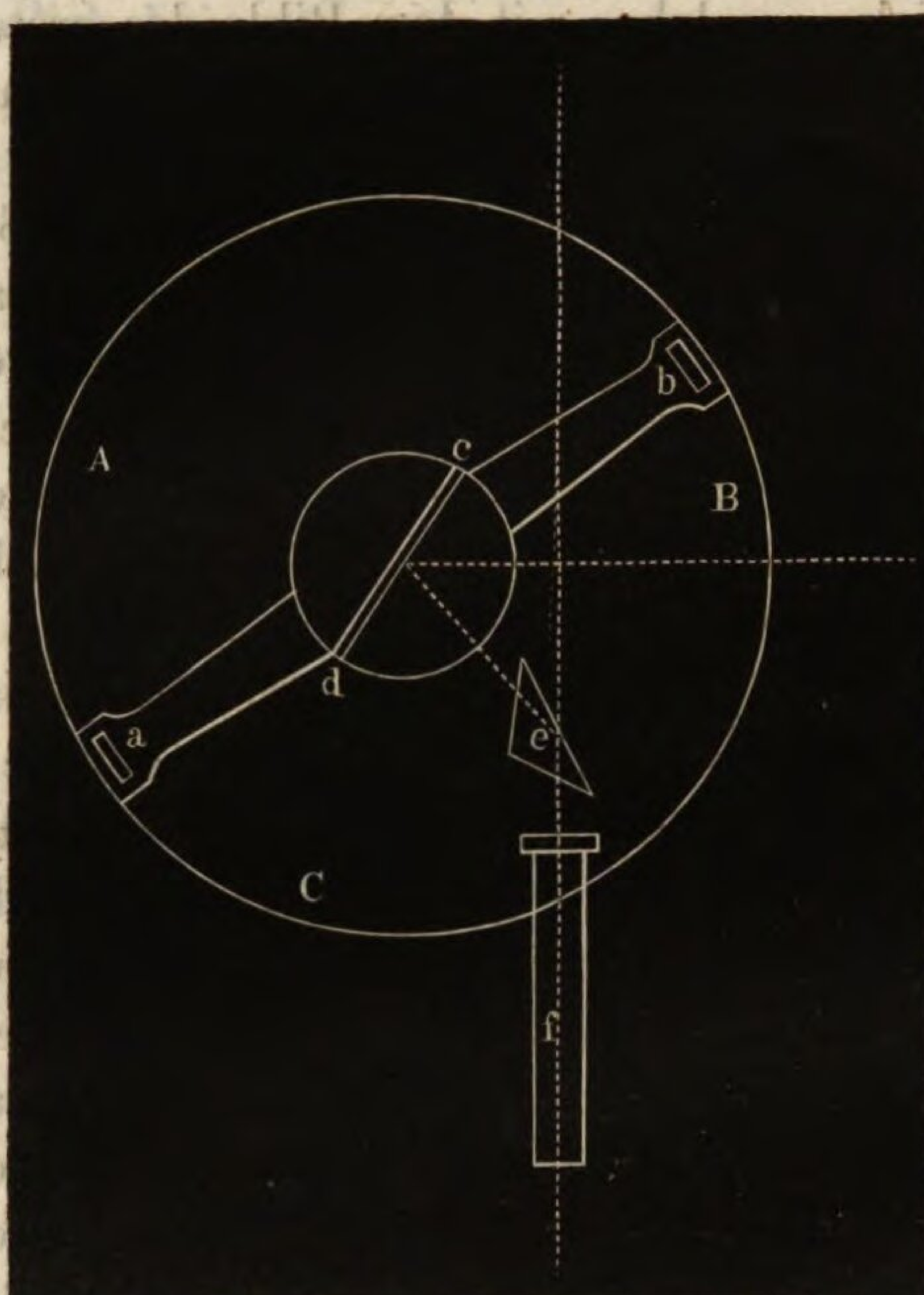
Auf die angegebene Weise können die Bilder von allen zur rechten Hand liegenden Gegenständen ins Fernrohr gebracht werden, deren auf den Spiegel fallende Strahlen Winkel mit letzteren einschliessen, die kleiner als 85° sind. Gegenstände, welche eine solche Lage haben, dass die von ihnen kommenden Strahlen nahe unter einem Winkel von 85° einfallen, sind als die zu betrachten, welche auf der Grenze der zu beobachtenden liegen, und man wird finden, dass man für letztere Gegenstände den Spiegel von seiner anfänglichen Lage durch Drehung um einen Winkel von 60° geändert hat. Bei der Messung von Winkeln, welche 130° oder grösser sind, treten einige Hindernisse auf, indem das Prisma, das Fernrohr sowie auch der Kopf des Beobachters die von dem zweiten Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen verhindert, in den Spiegel zu gelangen.

Stellt man die Alhidade so ein, dass ihre Richtung mit der, welche sie ursprünglich im Nullpunkte hatte, 90° einschliesst, so erblickt man im Spiegel das Bild eines Gegenstandes, welcher demjenigen, den man durchs Fernrohr erblickt, diametral entgegengesetzt ist. In dieser Lage des Spiegels nämlich bilden, wie Fig. 54 (a. S. 143) zeigt, die vom Spiegel reflectirten auf das Prisma fallenden Strahlen mit der Axe des Fernrohrs einen Winkel von 180°. Bewegt man die Alhidade über 90° hinaus, so kann man Winkel zwischen 180° und 280°, oder Winkel, die zwischen 100° und 180° auf der entgegengesetzten Seite liegen, messen.

Hierbei werden die Gegenstände, deren Bild man durch Reflexion erblickt, links von dem Gegenstande liegen, den man durchs Fernrohr erblickt. Will man daher die Winkelmessung

bis 180⁰ in derselben Ordnung wie von 0⁰ bis 130⁰ ausdehnen, so muss man das Instrument in die umgekehrte Lage bringen, zu welchem Zwecke man den Handgriff des Instruments mit der linken Hand fasst. Dem Voranstehenden zufolge können Winkel, welche zwischen 80⁰ und 130⁰ liegen, auf zweifache Weise gemessen werden. Bei einer solchen kreuzweisen Beobachtung ist ein etwaiger Indexfehler auf das Endergebniss ganz ohne Einfluss, sowie auch der Fehler, welcher von der prismatischen Gestalt des Spiegels entsteht, dadurch eliminirt wird (Fig. 54).

Fig. 53.



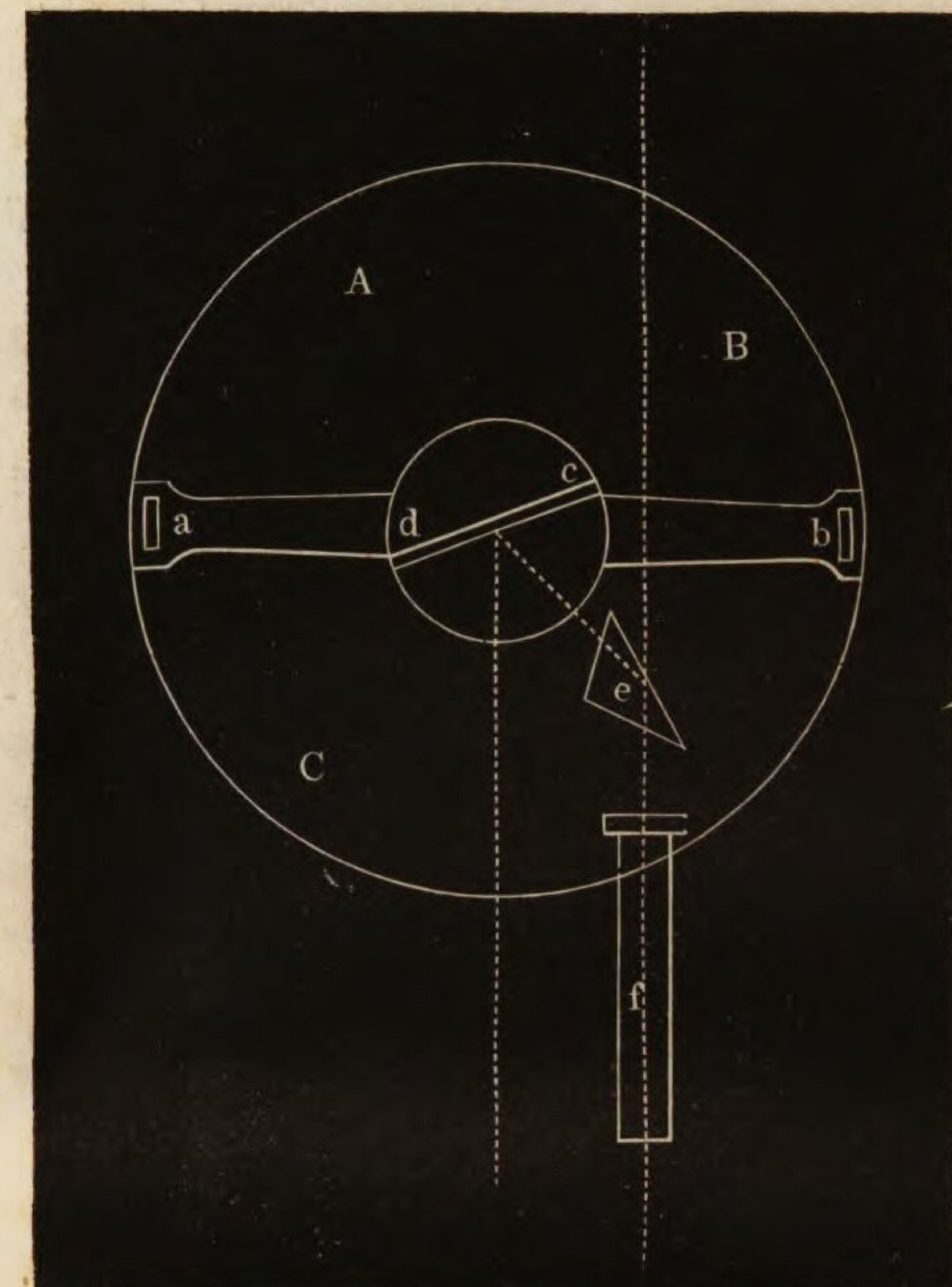
Für die auf die Sonne gerichteten Beobachtungen sind, ebenso wie bei dem Sextanten, gefärbte Gläser angebracht. Diese befinden sich zwischen dem Prisma und dem Objectiv des Fernrohrs und sind in Fig. 51 mit *i* bezeichnet. Ausserdem befindet sich noch vor dem Fernrohr *f* das Blendglas *l*. Auch sind alle die Schrauben vorhanden, welche zur Senkrechtstellung des Spiegels und Prismas erforderlich sind; ebenso kann man durch die Schraube *k*, Fig. 51, die Axe des Fernrohrs über der Ebene des Instruments erhöhen und erniedrigen, ohne den Parallelismus derselben zu beeinträchtigen. Die Correctionen werden auf ähnliche Weise ausgeführt wie beim Sextanten.

Damit man durch das Prisma deutliche und genaue Bilder des reflectirten Gegenstandes erhält, ist erforderlich, dass die Seiten des Prismas genau Ebenen sind; eine Abweichung von der streng rechtwinkeligen und gleichschenkeligen Gestalt desselben ist hierbei von wenig Belang.

Die Güte des Spiegels wird durch die Beobachtung kleiner Winkel geprüft. Wenn nämlich die Alhidade dem wahren Null-

punkte der Theilung entspricht, so bilden, wie schon oben angegeben, die auf den Spiegel fallenden Strahlen mit letzterem einen

Fig. 54.



Winkel von 20°; in diesem Falle wird also das reflectirte Bild am schwächsten. Mit dem Wachsen des Winkels wird auch der Einfallswinkel grösser und die reflectirten Bilder werden lichtstärker. Wenn der gemessene Winkel wenig von 130° verschieden ist, so bilden die Lichtstrahlen, auf deren Reflexion es ankommt, mit dem Spiegel einen Winkel von 85°. Beim Sextanten ist das Umgekehrte der Fall, indem, wenn bei ihm die Alhidade auf 0° steht, der vom grossen Spiegel reflectirte Strahl auf letztern einen Winkel von nahe 75° macht, wenn aber der zu beobachtende Winkel nahe an 130° ist, so fällt der reflectirte Strahl etwa unter 10° ein. In allen Fällen werden also die Strahlen bei dem neuen Reflexionsinstrumente lichtstärker, als beim Sextanten sein. Ebenso reflectirt das Prisma vollkommener, als der kleine Spiegel beim Sextanten.

Fünftes Buch.

Ableitung

der

scheinbaren und wahren Höhe

des

Mittelpunktes eines Gestirns aus der durch Messung bestimmten.

Ableitung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes eines Gestirns aus der durch Messung bestimmten.

Gemessene, scheinbare und wahre Höhe.

Schon oben, §. 28, ist von dem Zusammenhange zwischen der auf den scheinbaren Horizont bezogenen scheinbaren Höhe und der wahren Höhe die Rede gewesen. Dort wurde die scheinbare Höhe, als durch Messung bekannt, vorausgesetzt. Die unmittelbar durch Observation gefundene Höhe ist aber keineswegs schon die scheinbare Höhe. Um letztere zu erhalten, müssen zuvörderst noch mehrere bei der beobachteten Erscheinung vorkommende Umstände berücksichtigt und in Rechnung gebracht werden. 133

Will man aus der beobachteten Höhe die scheinbare und daneben die wahre erhalten, so sind zu berücksichtigen:

1. der Collimations- oder Indexfehler,
2. die Kimmtiefe oder Kimmdücke,
3. die Brechung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre oder die Refraction,
4. die Parallaxe.

Ferner, wenn der Himmelskörper, auf welchen die Observation gerichtet war, einen messbaren Durchmesser hat,

5. der Halbmesser.

1. Der Indexfehler.

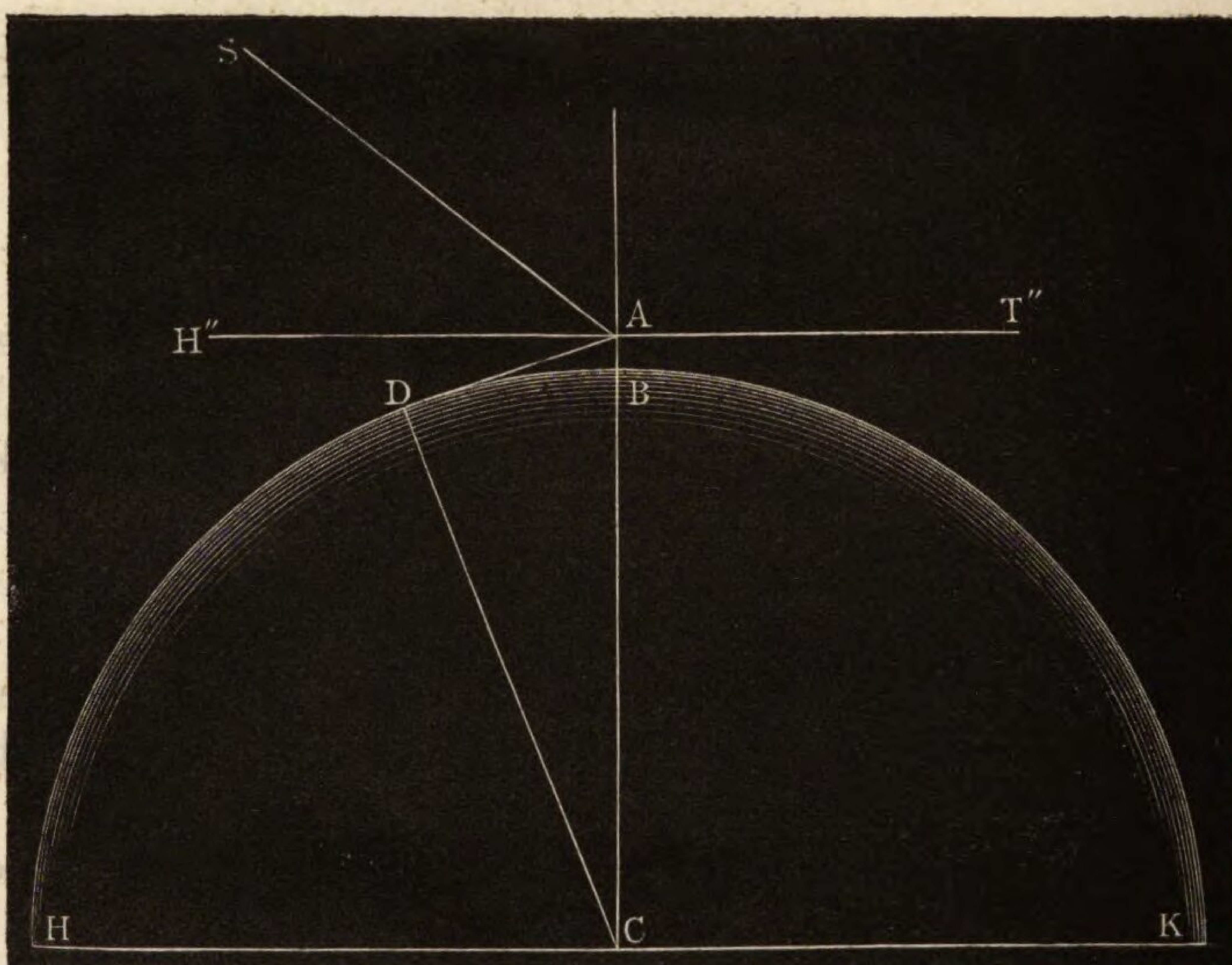
134 Das Verfahren, durch welches der Index- oder Collimationsfehler bestimmt wird, ist schon früher, §. 123, angegeben.

2. Die Kimmtiefe.

135 Auf dem Festlande geht man bei der Messung der Höhe der Gestirne von der durch den künstlichen Horizont und die Libelle bestimmten horizontalen Ebene aus. Auf dem Meere ist die Anwendung der genannten Instrumente unzulässig, und man ist genöthigt, die Beobachtung der Höhen auf den Meereshorizont oder die Kimme zu beziehen.

Es sei *HDBK* (Fig. 55) die Oberfläche, *C* der Mittelpunkt

Fig. 55.



der Erde, über welcher sich der Beobachter in *A* befinde. Ist *AD* die von letzterm nach der Kimme gezogene Linie, so ist der Winkel *SAD* die beobachtete oder auf die Kimm in *D* bezogene Höhe des Sterns *S*. Die scheinbare Höhe des Sterns *S*, d. i. der Winkel *SAH″* ist kleiner, als die gemessene *SAD*, und zwar um den Winkel *H″AD*. Dieser Winkel *H″AD* heisst die Kimm-

tiefe oder Kimmdücking. Seine Grösse hängt von der Höhe des Auges des Beobachters über der Meeresfläche ab.

Die Kimmtiefe oder der Winkel $H'' A D$ lässt sich aus den 136
in und an dem Dreiecke $A D C$ vorkommenden Grössen bestimmen. Weil die von A aus nach der Kimm an D gezogen gedachte Linie $A D$ Tangente für die Oberfläche der Erde ist, so ist der Winkel $A D C$ ein rechter, und ein Blick auf die Figur ergiebt, dass der Winkel $H'' A D$ dem Winkel $D C A$ gleich ist. Bezeichnet man nun die Länge des Erdhalbmessers $D C$ durch r, die Höhe des Auges des Beobachters über der Erdoberfläche durch h, so ist

$$D A^2 = A B (2 r + h)$$
$$D A^2 = h (2 r + h)$$
$$D A = \sqrt{h (2 r + h)}.$$

Im Verhältnisse zu $2 r$ ist h fast verschwindend klein, selbst dann noch, wenn man für h tausend Fuss und darüber setzt; man kann daher statt $2 r + h$ ohne erheblichen Fehler $2 r$ setzen. In diesem Falle wird

$$D A = \sqrt{2 r h}.$$

Setzt man in diesen Ausdruck für r seinen Werth $= 20284115$ rheinl. Fuss, so findet man die Entfernung des Auges von der Kimm, d. i.

$$D A = \sqrt{40568230\, h} = 6369{,}32 \sqrt{h}.$$

Schon oben ist hervorgehoben, dass der gesuchte Winkel $H'' A D$ dem Winkel $A C D$ gleich. Letzterer wird durch den Bogen $D B$ gemessen. Weil der Winkel $A C D$ sehr klein ist, so ist die Länge des ihm angehörenden Bogens $D B$ nur wenig von der Länge seiner Tangente verschieden. Man kann daher für $D B$, ohne einen erheblichen Fehler zu machen, den soeben für $D A$ gefundenen Werth $6369{,}32 \sqrt{h}$ setzen. Dividirt man diese Grösse durch 5900,4' rheinl. Fuss, so erhält man den Winkel $D C A$, und zugleich die Kimmtiefe $H'' A D$ in Minuten ausgedrückt. 5900,4 rheinl. Fuss ist nämlich die Länge des Bogens von einem grössten Kreise auf der Oberfläche der Erde, welcher einem Winkel von einer Minute am Mittelpunkte angehört. Die Kimmtiefe, in Minuten ausgedrückt, ist also

$$= \frac{6369{,}32 \sqrt{h}}{5900{,}4}.$$

Die Erniedrigung des Horizonts oder die Kimmdücke ist aber in Wahrheit noch etwas geringer. Der Lichtstrahl nämlich,

welcher von einem Punkte der Kimm ausgeht, muss, um zum Auge zu gelangen, Luftschichten von ungleicher Dichtigkeit durchlaufen. Durch die hierdurch bedingte Refraction wird die Kimm um $^1/_{13}$ ihres Abstandes in Seemeilen oder Minuten des grössten Kreises emporgehoben. Demzufolge darf von dem eben abgeleiteten Werthe nur $^{12}/_{13}$ oder 0,92 angesetzt werden. Die Kimmtiefe ist daher

$$0{,}996 \sqrt{h}.$$

Die Strahlenbrechung kann bei verschiedenen Temperaturen der Luft und des Meeres so bedeutend abweichen, dass die nach der soeben aufgestellten Formel berechnete Kimmtiefe wohl zwei bis drei Minuten von der wahren abweichen kann. Unter diesen Umständen wird man die Unsicherheit des Endergebnisses nicht bedeutend vergrössern, wenn man 1 statt des Factors 0,996 setzt. Geschieht dieses, so erhält man die Kimmtiefe in Minuten, wenn man aus der in rheinländischen Fussen ausgedrückten Höhe des Auges die Quadratwurzel zieht. Den Bruch, welcher sich bei der Ausziehung der Quadratwurzel herausstellt, verwandelt man durch Multiplication mit 60 in Secunden. Auf die angegebene Weise erhält man für 120 Fuss Höhe als Kimmtiefe 10′ 57″, da $\sqrt{120} = 10{,}95$.

137 Die Entfernung der Kimm ist dem Halbmesser des vom Beobachter übersehenen Theils der Erdoberfläche gleich. Diesen erhält man, in Seemeilen ausgedrückt, ebenfalls durch die Formel

$$\frac{6369{,}32 \sqrt{h}}{5900{,}4}.$$

Die Kimmtiefe wird durch die terrestrische Refraction verringert, hingegen wird die Entfernung der Kimme und mit ihr das vom Beobachter übersehene Stück der Erdoberfläche dadurch vergrössert. Durch die Strahlenbrechung wird nämlich noch ein über D hinausliegendes Stück der Erdoberfläche sichtbar gemacht, und zwar beträgt dieses $^1/_{13} . BD$. Die Entfernung des äussersten Punktes der Meeresoberfläche, welcher dem Auge noch sichtbar ist, beträgt daher

$$\frac{14}{13} \cdot \frac{6369{,}32}{5900{,}4} \sqrt{h} = 1{,}163 \sqrt{h}.$$

138 In Tafel VIII. findet man die Kimmtiefe für die in rheinländischen Fussen ausgedrückte Höhe des Auges, die Tafel kann aber auch zur Bestimmung der Kimmtiefe benutzt werden, wenn

die Augenhöhe mit englischem oder französischem Fussmaasse gemessen ist. Ist die Höhe in englischem Fussmaasse angegeben, so rechnet man für jede Minute der Kimmtiefe 1″ weniger, für französisches Fussmaass hingegen 1″ mehr.

Die Kimmtiefe beträgt nach der durch Bessel bestimmten Constante für 1 Fuss rheinländisch 60,2″; in der Tafel ist dafür in runder Zahl 60″ oder 1 Minute gesetzt.

Mendoza y Rios und der Amerikaner Bowditsch gehen bei ihren Bestimmungen von derselben Zahl aus. H. Moore, Norie, Thomson und M. Taylor nehmen die Kimmtiefe noch um etwas geringer an.

Es ist schon oben angegeben, dass die Kimmtiefe stets von 139
der beobachteten Höhe subtrahirt werden muss.

Beispiel. Es sei die Höhe des Auges 14′ rheinländisch, die beobachtete Höhe eines Himmelskörpers = 32° 49′ 20″

Kimmtiefe für 14″	3′ 44″
scheinbare Höhe	32° 45′ 36″.

Als Augenhöhe wird die senkrechte Entfernung des Auges über der Spitze der Wellen in Rechnung gebracht.

Wenn sich der Seefahrer in der Nähe des Landes befindet, 140
so ist er oft verhindert, die Höhe auf den freien Meereshorizont zu beziehen. In diesem Falle wird sie von einem Punkte der Scheidelinie zwischen Land und Wasser aus gemessen.

Für den so beschränkten, d. h. durch die Küste, oder auf andere Weise begrenzten Horizont oder die sogenannte Strandkimme, nimmt die Berechnung der Kimmtiefe eine andere Gestalt an.

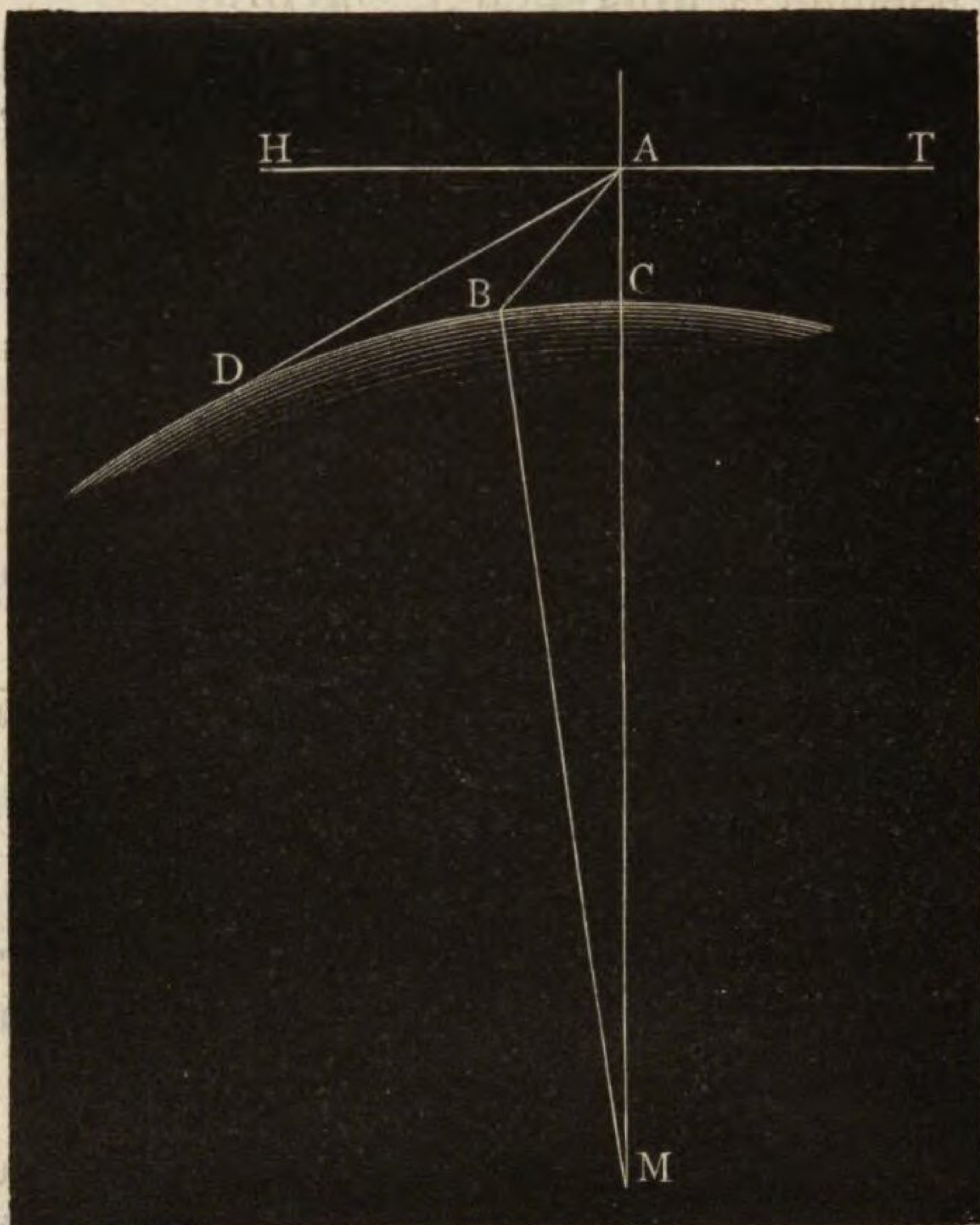
Es sei DC (Fig. 56 a. f. S.) die Oberfläche, M der Mittelpunkt der Erde, AC die Augenhöhe, B der Punkt, in welchem die von A aus gezogene Gesichtslinie mit der Erdoberfläche zusammentrifft, HT der Horizont, dann ist HAB die Kimmtiefe. Setzt man nun $MB = MC = r$, $CA = h$, $MA = r + h$ und $BC = s$, so ist $\frac{s}{2} = sin. \, {}^1/_2 \, BMC$. Ferner ist $\sphericalangle A + \sphericalangle B = 180° - BMC$. In dem Dreiecke AMB sind zwei Seiten und der von ihnen eingeschlossene Winkel AMB bekannt und es ist

$$tg. \, {}^1/_2 \, (A - B) = \frac{h}{2r + h} \, tg. \, {}^1/_2 \, (A + B).$$

Hat man durch Hülfe dieser Formel ${}^1/_2 \, (A - B)$ berechnet, so bestimmt man hieraus und aus ${}^1/_2 \, (A + B)$ den Winkel A und

erhält schliesslich $HAB = HAM - A = 90 - A$, welches, mit dem Factor 0,92 verbunden, die gesuchte Grösse ist.

Fig. 56.



Die Grössen, durch welche die bei beschränktem Horizonte gemachten Höhenmessungen wegen Kimmtiefe verbessert werden, findet man in Tafel VIII. Die Argumente dieser Tafel sind die Höhe des Auges und der Abstand des Punktes im Horizonte, auf welchen man die Höhe des Himmelskörpers bezogen hat.

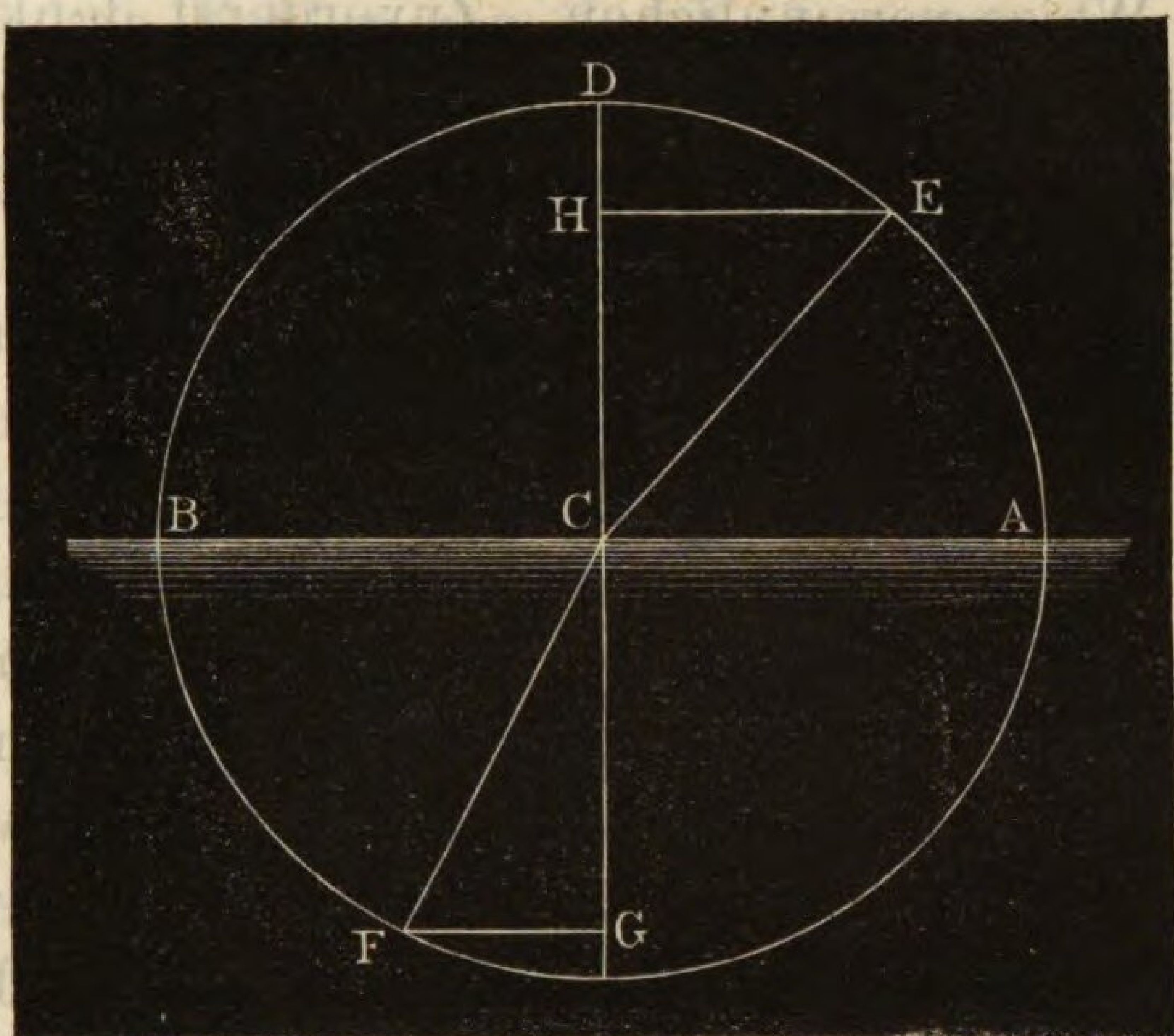
3. Die Refraction.

141 Es ist eine bekannte Erscheinung, dass, wenn man in ein zum Theil mit Wasser gefülltes Gefäss in das Wasser einen geraden Stab schräg gegen den Wasserspiegel eintaucht, der Stab als gebrochen erscheint. Ebenso kann man sich leicht überzeugen, dass eine Münze, oder ein anderer Gegenstand, welche in eine mit Wasser angefüllte Schale gebracht sind, dem auf den Wasserspiegel herabschauenden Auge höher zu liegen und unter Umständen doppelt zu sein scheinen. Diese und andere Beobachtungen und Versuche zeigen, dass wenn Lichtstrahlen aus einem Medium in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit und Cohärenz unter einem spitzen Winkel übergehen, sie von ihrer ursprüng-

lichen Richtung abgelenkt werden. Man nennt diese Ablenkung des Lichtes von seiner geradlinigen Richtung die **Brechung** oder **Refraction** desselben.

Um die Gesetze, nach welchen das Licht gebrochen wird, kurz und bestimmt ausdrücken zu können, denke man sich in dem Punkte C (Fig. 57), wo der einfallende Strahl EC die Trennungsfläche beider Mittel, BA, trifft, eine Senkrechte oder das Einfallsloth CD und durch dieses und den einfallenden Strahl EC eine Ebene gelegt. Ist alsdann CF der gebrochene Strahl, so heissen ECD der **Einfallswinkel**, FCG der **Brechungswinkel**, ECF der **Ablenkungswinkel**. Die Länge der Linie EH entspricht dem Sinus des Einfallswinkels, die von GF dem Sinus des Brechungswinkels. Die Gesetze, nach welchen die Lichtstrahlen gebrochen werden, sind alsdann:

Fig. 57.



1. Der gebrochene Strahl liegt in der durch das Einfallsloth und den einfallenden Strahl gelegt gedachten Ebene.

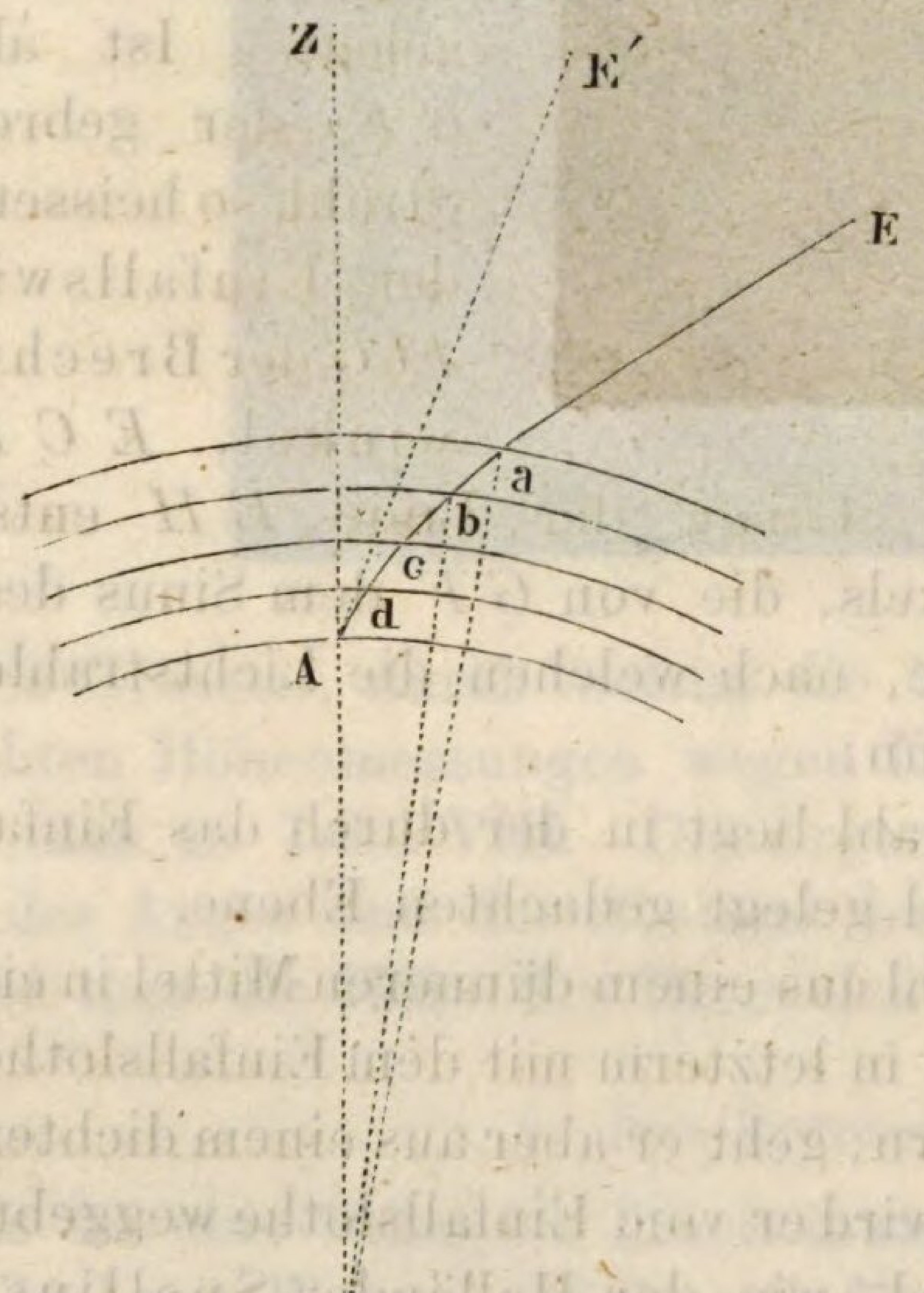
2. Wenn ein Lichtstrahl aus einem dünneren Mittel in ein dichteres übergeht, so macht er in letzterm mit dem Einfallslothe einen kleinern Winkel als im erstern; geht er aber aus einem dichtern Mittel in ein dünneres über, so wird er vom Einfallslothe weggebrochen.

3. Der Lichtstrahl wird, wie der Holländer **Snellius** schon 1625 entdeckte, so gebrochen, dass die Sinus der Winkel, welche der Strahl in beiden Mitteln mit dem Einfallslothe macht, für jede zwei Mittel ein unveränderliches Verhältniss haben. Dieses letztere Verhältniss heisst das Brechungsverhältniss. In runden Zahlen beträgt letzteres für Luft und gemeines Glas 3 : 2, oder genauer 17 : 11, für Crownglas 1,55 : 1, für Flintglas 1,58 : 1, für Luft und Wasser 4 : 3.

Die Lichtstrahlen nun, welche von irgend einem Gestirne auf 142
die Atmosphäre unserer Erde treffen, werden nach den angegebe-

nen Gesetzen von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt. Weil aber der vom Weltraume aus in die Atmosphäre gelangende Lichtstrahl nach und nach in dichtere Luftschichten eindringt, so wird er immer stärker gebrochen, und da diese Brechung continuirlich zunimmt, so ist der Weg, auf welchem er durch die Atmosphäre zur Erde gelangt, eine krumme Linie. Man kann sich den Vorgang hierbei auf folgende Weise versinnlichen. Zuvörderst denke man sich die Atmosphäre in eine Reihe concentrischer Schichten getheilt, von welchen jede ihrer ganzen Ausdehnung nach gleichförmig dicht ist, und zwar dichter als die nächst höhere, und weniger dicht als die, auf welcher sie ruht. Wenn nun ein Lichtstrahl, etwa Ea (Fig. 58), auf die oberste Schicht der Atmosphäre in a trifft, so wird er nach dem Einfallslothe ao hin gebrochen und geht in der Richtung ab weiter. In b, wo er mit der zweiten Schicht zusammentrifft, wird er abermals gebrochen und geht in einer dem Einfallslothe bo noch mehr genäherten Richtung bc weiter. In c und d wird er auf dieselbe Weise abgelenkt und kommt endlich in der Richtung dA in A an. Wie schon oben gesagt, ist aber der Weg des Lichtstrahls, d. i. $abcdA$, keine gebrochene krumme Linie, sondern eine continuirliche Curve und die Richtung des in A ins Auge des Beobachters gelangenden Lichtstrahls stimmt mit der von d aus an die Curve gezogenen Berührungslinie AE' überein. Eine unmittelbare Folge dieser atmosphärischen Refraction ist, dass alle Gestirne dem Zenith Z näher zu stehen scheinen, als wirklich der Fall ist. Die scheinbare Zenithdistanz ZAE' ist also kleiner und die scheinbare Höhe grösser, als die wahre. Um nun aus der durch

Fig. 58.

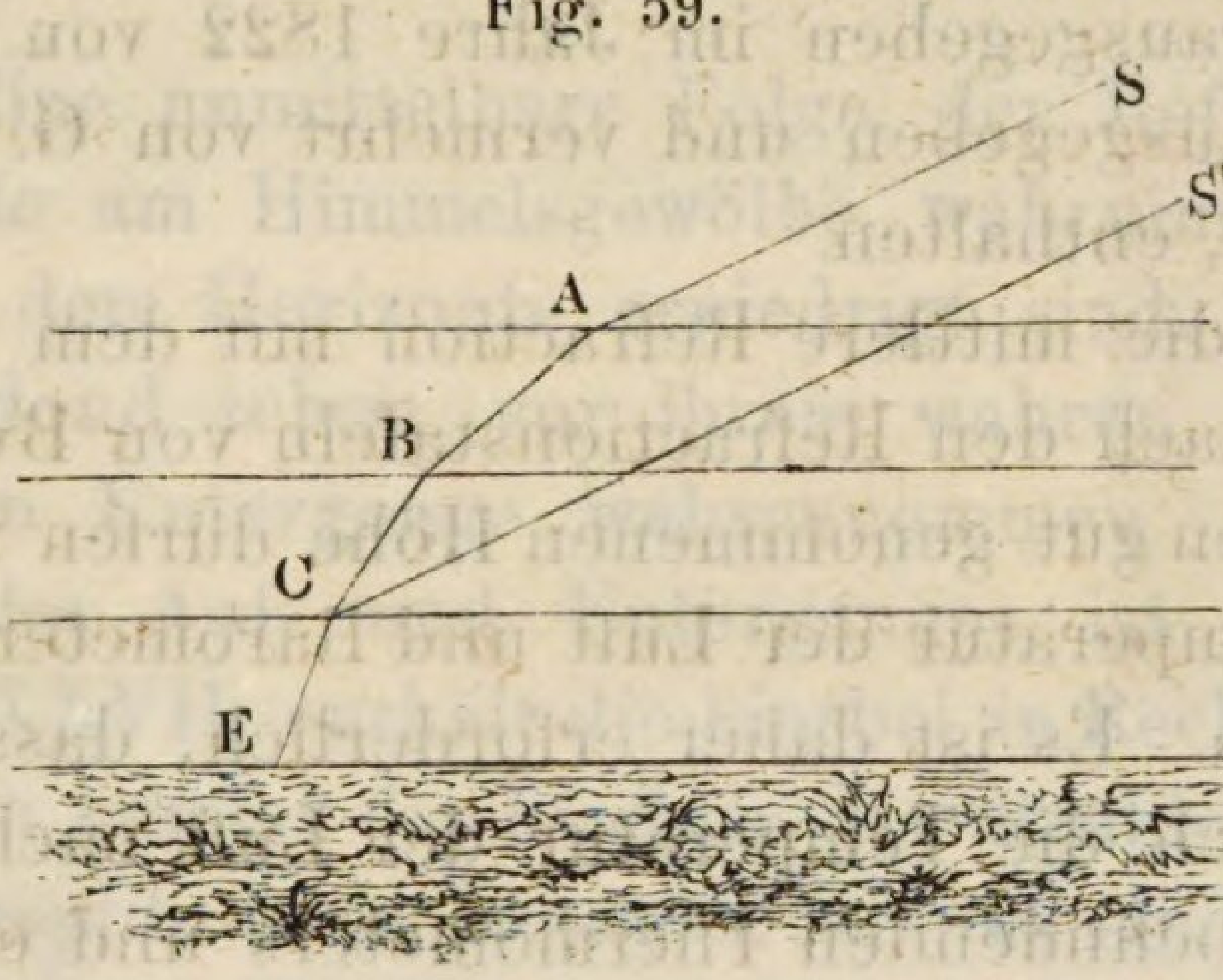


Beobachtung gefundenen Höhe eines Gestirns seinen wahren Ort am Himmelsgewölbe bestimmen zu können, ist erforderlich, dass man die Grösse der astronomischen Refraction kennt.

Die Höhe der Atmosphäre ist im Verhältniss zum Erddurchmesser gering, man kann daher in Beziehung auf die Refraction bei allen Gestirnen, deren Höhe grösser als 15⁰ ist, ohne merklichen Fehler von der Krümmung der Atmosphäre absehen und sie als aus lauter horizontalen Schichten bestehend betrachten. Von letzterer Voraussetzung ausgehend, lässt sich dann die atmosphärische Refraction leicht bestimmen.

Ein Lichtstrahl SA (Fig. 59), welcher der Reihe nach verschiedene Schichten, AB, BC, CD, durchläuft, deren Grenzflächen einander sämmtlich parallel sind, hat in der letzten Schicht CE genau dieselbe Richtung, als ob alle Zwischenschichten fehlten und der Lichtstrahl CS' und der Lichtstrahl in seiner ursprünglichen Richtung gleich auf diese letzte Schicht gefallen wäre. Hiernach ist die Richtung, in welcher das Auge einen Stern sieht, dieselbe, als ob das vom letztern kommende Licht aus dem luftleeren Himmelsraume auf eine Atmosphäre getroffen wäre, deren Dichtigkeit so gross ist wie die Dichtigkeit der Luft, in welcher sich das Auge befindet.

Fig. 59.



Wenn ein Lichtstrahl aus dem leeren Raume in Luft von 10⁰ Cent. Temperatur und einer Dichtigkeit, welche 760 Millimetern entspricht, übergeht, so ist der Brechungsexponent 1,00028. Bezeichnet man die wahre Zenithdistanz mit z, die scheinbare mit z', so ist

$$\sin. z = 1{,}00028 \sin. z'.$$

Mittelst dieser Formel findet man für die Zenithdistanz $= 45^0$ die Strahlenbrechung $= 57{,}7''$, für die Zenithdistanz 60^0 oder die Höhe 30^0 aber $1' \, 40''$ u. s. w.

143 Kramp war der erste, welcher die Berechnung der Refraction mit wissenschaftlicher Genauigkeit durchgeführt hat. Seine Abhandlung führt den Titel: *Analyse de réfractions astronomiques et terrestres.* Noch gründlicher ist das schwierige Problem, die Refraction zu berechnen, von Laplace in der *Mécanique celeste T. IV* bearbeitet. Früher gebrauchte man bei Bestimmung der Refraction vorzugsweise die französischen Tafeln, welche Delambre, von der Theorie des Laplace ausgehend, aber auf seine eigenen Beobachtungen fussend, bearbeitet hatte. Jetzt bedient man sich der Refractionstafeln von Struve und Bessel. Die Tafeln von Struve sind in den *Observat. Dorpat. Vol. VI, sive Novae seriei III.*, die von Bessel in den *Tabulis Regiomontanis,* sowie in der „Sammlung von Hülfstafeln. Herausgegeben im Jahre 1822 von H. C. Schuhmacher. Neu herausgegeben und vermehrt von G. H. L. Warnstorff, Altona 1845“, enthalten.

144 Die Tafel IX. enthält die mittlere Refraction mit dem Argumente „scheinbare Höhe“ nach den Refractionstafeln von Bessel.

145 Bei einer einigermaassen gut genommenen Höhe dürfen ferner die Correctionen wegen Temperatur der Luft und Barometerstand nicht vernachlässigt werden. Es ist daher erforderlich, dass man bei den Beobachtungen auch die Temperatur der Luft nach dem Stande des im Freien sich befindenden Thermometers und ebenso die Höhe des Quecksilbers im Barometer aufzeichnet. Sowohl das Thermometer, als das Barometer, müssen stets im Schatten aufgehängt sein, so dass sie gegen den directen Einfluss der Sonnenstrahlen geschützt sind. Im entgegengesetzten Falle würden die Angaben beider Instrumente unbrauchbar sein.

146 Die Grössen, mittelst deren die Refraction von den durch die Temperatur der Luft und den Barometerstand hervorgerufenen Abweichungen befreit wird, sind in Tafel X. und XI. enthalten. Die Bedeutung und Anwendung der Zahlen ergiebt sich aus den Argumenten der Tafeln. Für Tafel X, durch welche die Correction beschafft wird, welche wegen der Temperatur der Luft erforderlich ist, sind die Argumente „mittlere Refraction“ und „Grade der Reaumurschen Scala“; für Tafel XI., welche sich auf den Barometerstand bezieht, sind die Argumente „mittlere Refraction + erste Correction“ und „Barometerstand“. Bei beiden Correctionen ist das vor den Zahlen stehende Zeichen zu berücksichtigen.

Beispiel. Die gemessene Höhe sei $10^0\ 47'\ 27''$, die Temperatur der Luft $+\ 19^0$ und der Barometerstand $28''\ 5{,}3'''$.

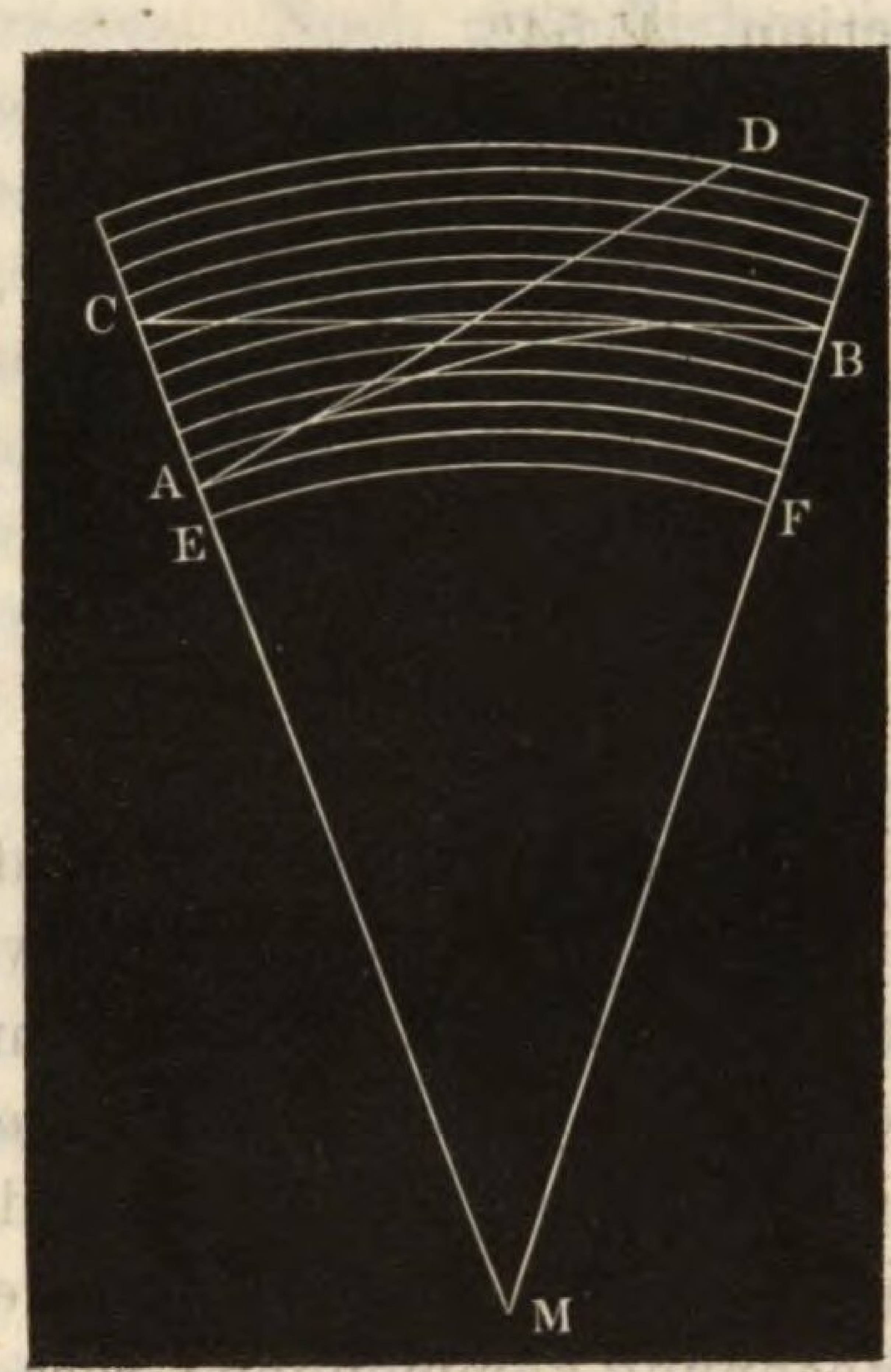
Gemessene Höhe		10° 47′ 27″
Mittlere Refraction für 10° 40′ (Taf. IX.)	4′ 57″	
10 : 4 = 7,4 : x x =	3″	
Mittlere Refraction	4′ 54″	
Corr. wegen Temp. (Taf. X.) Mittl. Ref. 4′ 54″ Temperatur . 19°	− 16″	
Corr. wegen Barometerstand Taf. XI. .	4′ 38″	
Mittl. Refr. + 1 Corr. . . . 4′ 38″ Bar. St. . 28″ 5,3‴	+ 8″	
Refraction	4′ 46″ . . .	4′ 46″
Wahre Höhe		10° 42′ 41″.

Eine unmittelbare Folge der Refraction ist, dass man die 147
Objecte am Himmelsgewölbe wahrnimmt, auch wenn sie etwas unter dem Horizonte erniedrigt sind. Demzufolge werden Sonne und Mond schon vor ihrem wahren Aufgange und nach ihrem wahren Untergange wahrgenommen. Bei der Berechnung der Zeit des Auf- und Unterganges ist dieses zu berücksichtigen. Tafel XXVII. enthält die hierbei in Rechnung kommenden Grössen. Ebenso kommt der Einfluss der Strahlenbrechung bei Bestimmung der Amplitude in Betracht und es sind bei diesen Bestimmungen die in Tafel XXVIII. enthaltenen Zahlen in Rechnung zu bringen.

Im Voranstehenden ist von der astronomischen Refraction 148
oder der Brechung, welche ein von einem ausser der Atmosphäre liegenden Gegenstande kommender Lichtstrahl in letzterer erleidet, gehandelt. Es sei jetzt noch übrig, den Weg der Lichtstrahlen zu bestimmen, welche von den in unserer Atmosphäre befindlichen Objecten ausgehen. Es sei EF (Fig. 60, a. f. S.) die Oberfläche der Erde, M der Mittelpunkt letzterer und A und B zwei in der Atmosphäre befindliche Gegenstände. Der von A nach dem höher gelegenen Punkte B hin fortgehende Lichtstrahl gelangt bei seinem Fortschreiten in immer höhere und dünnere Schichten und wird folglich von dem Einfallslothe abgelenkt. Der von A ausgegangene Lichtstrahl, welcher dem Auge in B den Punkt A sichtbar macht, hat also die Curve AB beschrieben, und das Auge in B sieht den Gegenstand in der Richtung der von B aus an die Curve gezogenen Tangente BC, also höher. Denselben Weg hat aber der von B ausgehende Lichtstrahl zurückgelegt, welcher in A anlangt. Der Grund liegt einfach darin, dass der Lichtstrahl

zu immer dichteren Luftschichten gelangt und zum Einfallslothe hin gebrochen wird. Ein in A befindliches Auge sieht somit den Punkt B in der Richtung der Tangente AD. In beiden Fällen erscheint also das Object dem Auge zu hoch. Hier kommt dann aber noch ausser dem Höhenunterschiede der beiden Punkte A und B ihre gegenseitige Entfernung in Betracht. Je grösser letztere ist, je mehr wird der Lichtstrahl vom geradlinigen Wege abgelenkt. Die hier vorliegende Strahlenbrechung nennt man die **irdische Strahlenbrechung** oder **terrestrische Refraction**. Die Zahlenwerthe für diese verhalten sich wie die Entfernungen. Als Anhaltspunkt hierbei kann der Satz dienen, dass der Höhenwinkel, unter welchem ein irdischer Gegenstand vom Auge gesehen wird, wegen der terrestrischen Refraction um $^1/_{13}$ seiner Entfernung in Seemeilen oder um ebensoviel Minuten eines grössten Kreises zu hoch gesehen wird.

Fig. 60.



4. Die Parallaxe.

149 Die der Höhe h entsprechende Parallaxe p wird aus der Horizontal-Parallaxe P mittelst der Formel

$$sin.\, p = P\, cos.\, h$$

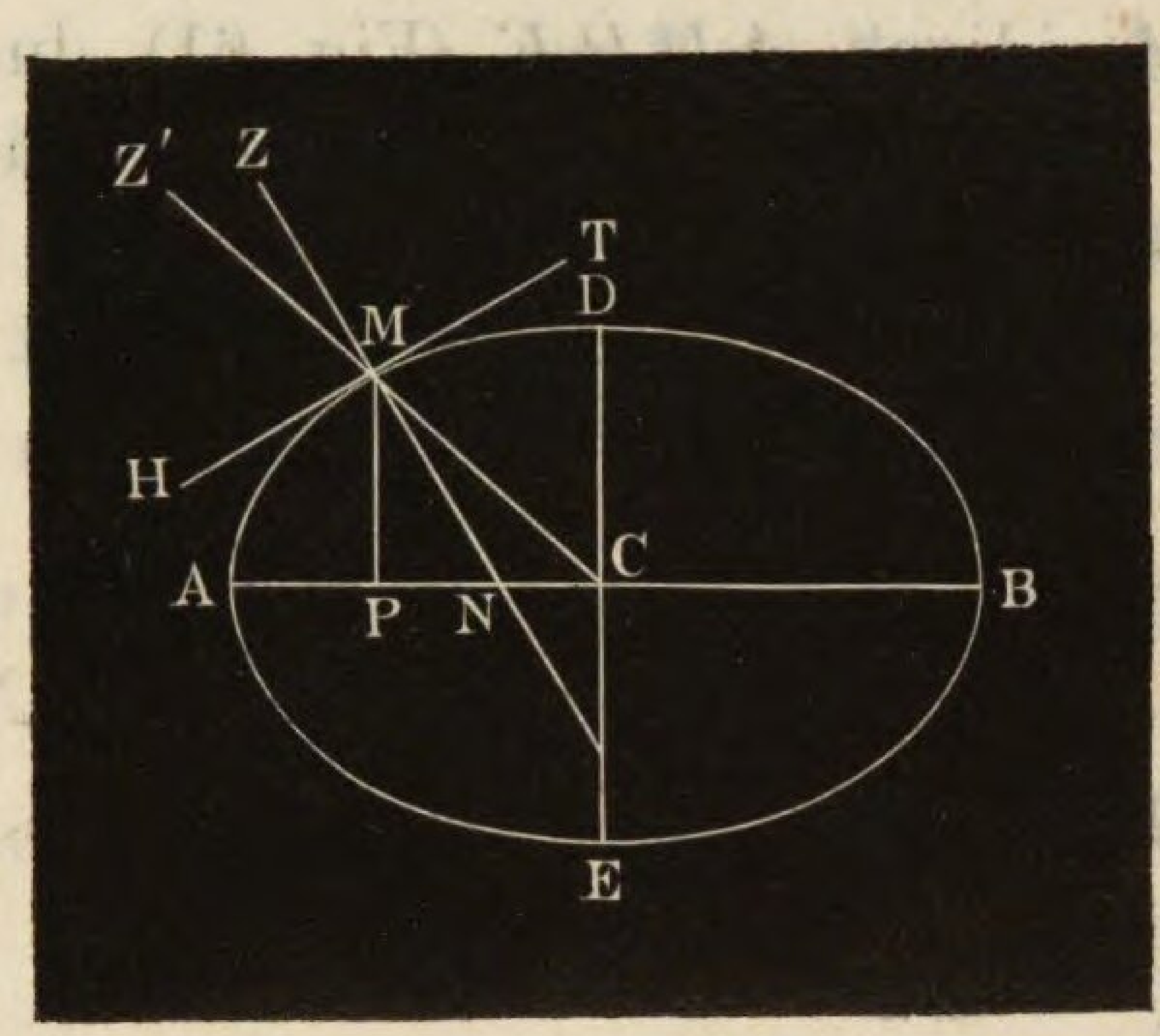
abgeleitet (vergl. §. 29). Gewöhnlich ist p so klein, dass man für den Sinus den Bogen setzen kann. Man erhält dann

$$p = P\, cos.\, h.$$

150 Weil die Erde an beiden Polen abgeplattet ist und in ihrer Gestalt sehr nahe mit einem durch die Rotation einer Ellipse um ihre kleine Axe entstandenen Ellipsoide übereinstimmt, so bedarf die vorhergehende Bestimmung der Parallaxe, bei welcher die Erde als kugelförmig vorausgesetzt wurde, noch einer Erweiterung dahin, dass der jedesmalige Abstand des Punktes der Erdoberfläche, in welchem sich der Beobachter befindet, vom Mittelpunkte

der Erde berücksichtigt werden muss. Denkt man sich durch den Ort des Beobachters M (Fig. 61), und die Erdaxe DE eine Ebene gelegt, so ist dieses die Ebene des Meridians und ihr Durchschnitt mit der Oberfläche der Erde $ADBE$ ist eine Ellipse, deren kleine Axe DE der Erdaxe, deren grosse Axe BA dem Durchmesser des Erdäquators gleich ist. Die Ebene HT, welche das Erdsphäroid in M berührt, ist der scheinbare Horizont, auf welchem die Richtung der Verticallinie ZMN senkrecht steht. Durch letztere wird der Ort des scheinbaren Zeniths am Himmel bestimmt. Die Linie BA bezeichnet die Durchschnittslinie der Ebene des Meridians mit der Ebene des Aequators, und folglich ist der Winkel $ZNA = \varphi$ die geographische Breite des Ortes M. Zieht man ferner durch den Mittelpunkt der Erde C und den Punkt M eine Gerade, und denkt man sich diese bis an das Himmelsgewölbe verlängert, so erhält man dadurch in Z' das geocentrische Zenith für den Ort M. Der Winkel $MCA = \varphi'$ aber, welcher die Neigung der Centrale MC gegen den Aequator ausdrückt, heisst die geocentrische Breite des Ortes M.

Fig. 61.



Alle parallaktischen Rechnungen beziehen sich auf das geocentrische Zenith, daher kommt bei diesen Rechnungen immer die geocentrische, nicht aber die geographische Breite in Betracht, und die wahre Horizontalparallaxe eines Himmelskörpers ist der Winkel, unter welchem man die Centrale CM von seinem Mittelpunkte aus sehen würde. Offenbar ändert sich hier die Horizontalparallaxe mit der Breite. Sie ist am grössten für die Breite $= 0^0$ und am kleinsten für die Breite $= 90^0$. 151

Die Horizontalparallaxe für die Breite 0^0 heisst die Aequatorial-Horizontalparallaxe. Diese findet man in den astronomischen Jahrbüchern und nautischen Ephemeriden angegeben. Aus ihr wird die Horizontalparallaxe für jeden Ort auf der Erd-

oberfläche abgeleitet. Das Verfahren, welches man hierbei anwendet, ist folgendes.

Zuvörderst leitet man die geocentrische Breite φ' aus der geographischen Breite φ ab. Bezeichnet man die halbe grosse Axe CA des elliptischen Meridians $ADBE$ (Fig. 61) durch a, die halbe kleine Axe CD durch b, die Ordinate MP für den Punkt M durch y, seine Abscisse CP durch x, so wird die Beziehung unter diesen Grössen durch die Gleichung

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

ausgedrückt. Ferner ist die Verticale MN die Normale, PN aber die Subnormale für den Punkt M, und man hat

$$NP = y \frac{dy}{dx}.$$

Durch Differenziation der Gleichung der Ellipse erhält man

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{b^2 x}{a^2 y}.$$

Substituirt man diesen Werth in die voranstehende Gleichung, wobei man das Zeichen — unberücksichtigt lassen kann, so findet man, dass

$$NP = \frac{b^2}{a^2} x.$$

Ferner ist

$$MP = NP \, tg. \, MNP = CP \, tg. \, MCP,$$

oder

$$= \frac{b^2}{a^2} x \, tg. \, \varphi = x \, tg. \, \varphi',$$

folglich

$$tg. \, \varphi' = \frac{b^2}{a^2} tg. \, \varphi.$$

Substituirt man diesen Werth in

$$tg. (\varphi - \varphi') = \frac{tg. \, \varphi - tg. \, \varphi'}{1 + tg. \, \varphi \, tg. \, \varphi'}$$

und setzt man $a e^2 = a^2 - b^2$, so wird

$$tg. (\varphi - \varphi') = \frac{e^2 \, sin. \, \varphi \, cos. \, \varphi}{1 - e^2 \, sin. \, \varphi^2}$$

$$= \frac{e^2}{2} sin. 2\varphi + \frac{e^2}{2} sin. \, 2\varphi \, sin. \, \varphi^2 + \ldots$$

Es ist

$$\begin{aligned} sin.\, 4\,\varphi &= 4\, cos.\, \varphi^3\, sin.\, \varphi - 4\, sin.\, \varphi^3\, cos.\, \varphi \\ &= 2\,.\,2\, cos.\, \varphi\, sin.\, \varphi\, (cos.\, \varphi^2 - sin.\, \varphi^2) \\ &= 2\, sin.\, 2\,\varphi\, (1 - 2\, sin.\, \varphi^2) \\ &= 2\, sin.\, 2\,\varphi - 4\, sin.\, 2\,\varphi\, sin.\, \varphi^2, \end{aligned}$$

folglich

$$sin.\, 2\,\varphi\, sin.\, \varphi^2 = {}^1/_2\, sin.\, 2\,\varphi - {}^1/_4\, sin.\, 4\,\varphi.$$

Substituirt man diesen Werth in die obige Gleichung, so erhält man nach gehöriger Zusammenziehung:

$$tg.(\varphi - \varphi') = {}^1/_2\, e^2 (1 + {}^1/_2\, e^2)\, sin.\, 2\,\varphi - \frac{e^4}{8}\, sin.\, 4\,\varphi + \ldots$$

Weil e^2 eine sehr kleine Grösse ist, so kann man, ohne einen Fehler von einiger Bedeutung zu machen, setzen:

$$\varphi - \varphi' = {}^1/_2\, e^2\, (1 + {}^1/_2\, e^2)\, \frac{sin.\; 2\,\varphi}{sin.\; 1''} - \frac{e^4}{8}\, \frac{sin.\, 4\,\varphi}{sin.\; 1''}.$$

Für den Factor e kann man auch die Abplattung der Erde $\alpha = \frac{a - b}{a}$ in die voranstehende Formel einführen. Aus $a\,\alpha = a - b$ folgt $\frac{b}{a} = 1 - \alpha$. Wenn dieser Werth in $a^2 e^2 = a^2 - b^2$ substituirt wird, so findet man nach gehöriger Umformung, dass $e^2 = 2\,\alpha - \alpha^2$ ist. Man erhält dadurch

$$\varphi - \varphi' = \frac{\alpha}{2}\, (2 + \alpha)\, \frac{sin.\; 2\,\varphi}{sin.\, 1''} - \frac{\alpha^2}{2}\, \frac{sin.\, 4\,\varphi}{sin.\, 1''} + \ldots$$

Nach Bessel's Untersuchung über die Gestalt der Erde ist

$$\begin{aligned} a &= 3272077 \text{ Toisen}, \\ b &= 3261139 \quad \text{„} \\ e^2 &= 0{,}006675 \quad \text{„} \\ \alpha &= \frac{a - b}{a} = \frac{1}{299{,}15}. \end{aligned}$$

Der Sinus der Horizontalparallaxe ist dem zugehörigen Halbmesser der Erde proportional. Wird letzterer für den Ort M durch r, der Halbmesser der Erde am Aequator oder die halbe grosse Axe der Erde durch a, der Abstand des Himmelskörpers durch d, die Horizontalparallaxe für den Ort M durch P, die Aequatorial-Horizontalparallaxe durch π bezeichnet, so ist 152

$$sin.\; P = \frac{r}{d},$$

$$sin.\; \pi = \frac{a}{d},$$

daraus folgt

$$sin.\ P = \frac{r}{a}\ sin.\ \pi.$$

Jetzt ist noch $\frac{r}{a}$ zu bestimmen. Aus Figur 61 ist ersichtlich, dass

$$r^2 = x^2 + y^2.$$

Früher haben wir gezeigt, dass

$$y = NP\ tg.\ \varphi = \frac{b^2}{a^2}\ x\ tg.\ \varphi.$$

Die Gleichung für die Ellipse ist

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

Aus diesen Gleichungen folgt:

$$x^2 = \frac{a^4}{a^2 + b^2\ tg.\ \varphi^2},$$

$$y^2 = \frac{b^2\ tg.\ \varphi^2}{a^2 + b^2\ tg.\ \varphi^2},$$

$$r^2 = \frac{a^4 + b^4\ tg.\ \varphi^2}{a^2 + b^2\ tg.\ \varphi^2}.$$

Setzt man auch hier wieder für $a^2 - b^2 = a^2 e^2$ und vernachlässigt, wegen der geringen Grösse von e^2, die Glieder, welche mit den Factoren e^4, e^6 u. s. w. behaftet sind, so erhält man:

$$\frac{r}{a} = 1 - \frac{e^2}{2}\ sin.\ \varphi^2$$

$$= 1 - \alpha\ sin.\ \varphi^2.$$

Folglich ist:

$$\pi - P = \pi\alpha\ sin.\ \varphi^2.$$

Aus den obigen Gleichungen für x^2 und y^2 folgt ferner:

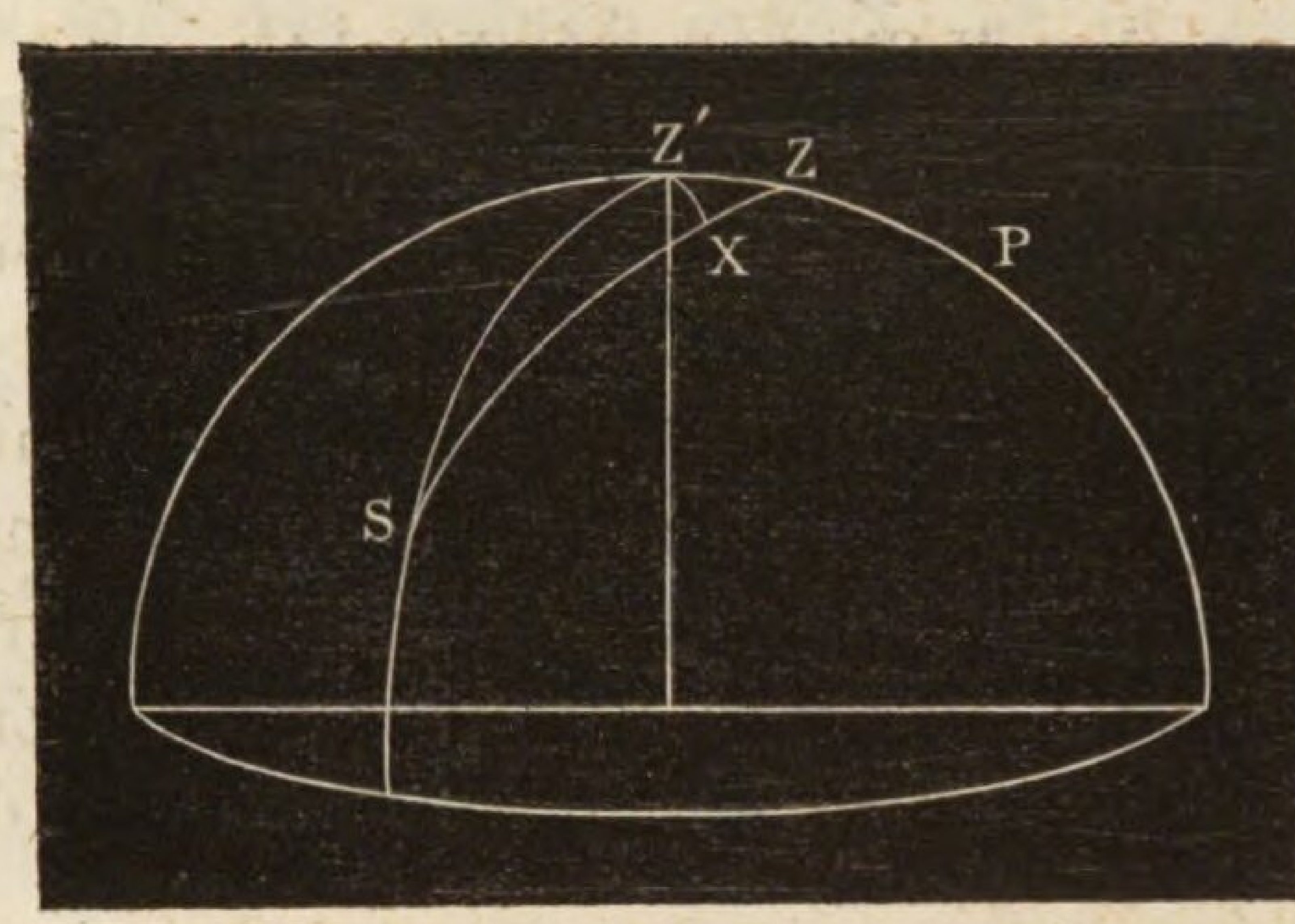
$$x = r\ cos.\ \varphi' = \frac{a\ cos.\ \varphi}{\sqrt{(1 - e^2\ sin.\ \varphi^2)}},$$

$$y = r\ sin.\ \varphi' = \frac{a\ (1 - e^2)\ sin.\ \varphi}{\sqrt{(1 - e^2\ sin.\ \varphi^2)}}.$$

153 Es sei P (Fig. 62) der sichtbare Pol, Z das scheinbare, Z' das geocentrische Zenith, S der Ort des Himmelskörpers. Die scheinbare Zenithdistanz $ZS = \xi$, den Abstand des scheinbaren Orts des Gestirns S vom scheinbaren Zenith erhält man durch die Beobachtung. Die geocentrische Zenithdistanz $Z'S = \xi'$ muss durch Rechnung daraus abgeleitet werden. Sowohl das schein-

bare Zenith Z als das geocentrische Z' liegen im Meridian, und zwar steht das geocentrische weiter vom Pole des Aequators ab, als das scheinbare. Der Winkel $Z'ZS = \alpha$ stimmt mit dem unmittelbar aus den Beobachtungen folgenden scheinbaren Azimuth, dieses auf der nördlichen Halbkugel von Süden an gerechnet, überein. Ist nun $Z'X$ der Bogen eines grössten Kreises, welcher auf ZS senkrecht steht, so ist $Z'ZX$ ein kleines rechtwinkeliges sphärisches Dreieck. In diesem wird die Seite ZZ' nie grösser als 12 Minuten sein, man kann dasselbe daher, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, als ein geradliniges betrachten. Dann ist:

Fig. 62.



$$ZZ' = \varphi - \varphi',\ ZX = \xi - \xi'$$

und

$$ZX = ZZ' \cos.\ Z'ZS$$

oder

$$\xi - \xi' = (\varphi - \varphi') \cos.\ \alpha.$$

In der nautischen Astronomie kommt die sphärische Gestalt der Erde bei Berechnung der Parallaxe nur bei den Monddistanzen in Betracht. Die dazu erforderliche Rechnung wird dann aber durch Hülfstafeln abgekürzt. Tafel XVIII. mit den Argumenten „Polhöhe“ und „Horizontalparallaxe“ enthält die Daten, mittelst welcher die Horizontalparallaxe unter Berücksichtigung der Abplattung der Erde verbessert werden muss, bevor aus ihr die Höhenparallaxe abgeleitet wird (vergl. unten §. 166). 154

5. Der Halbmesser.

Bei den Messungen, welche auf Gestirne gerichtet sind, die einen scheinbaren Durchmesser haben, wie Sonne und Mond, wird immer ein geeigneter Punkt ihres Umfanges beobachtet. Die Rechnungen beziehen sich aber auf den Mittelpunkt, daher muss bei den beobachteten Winkeln auch noch der Halbmesser in 155

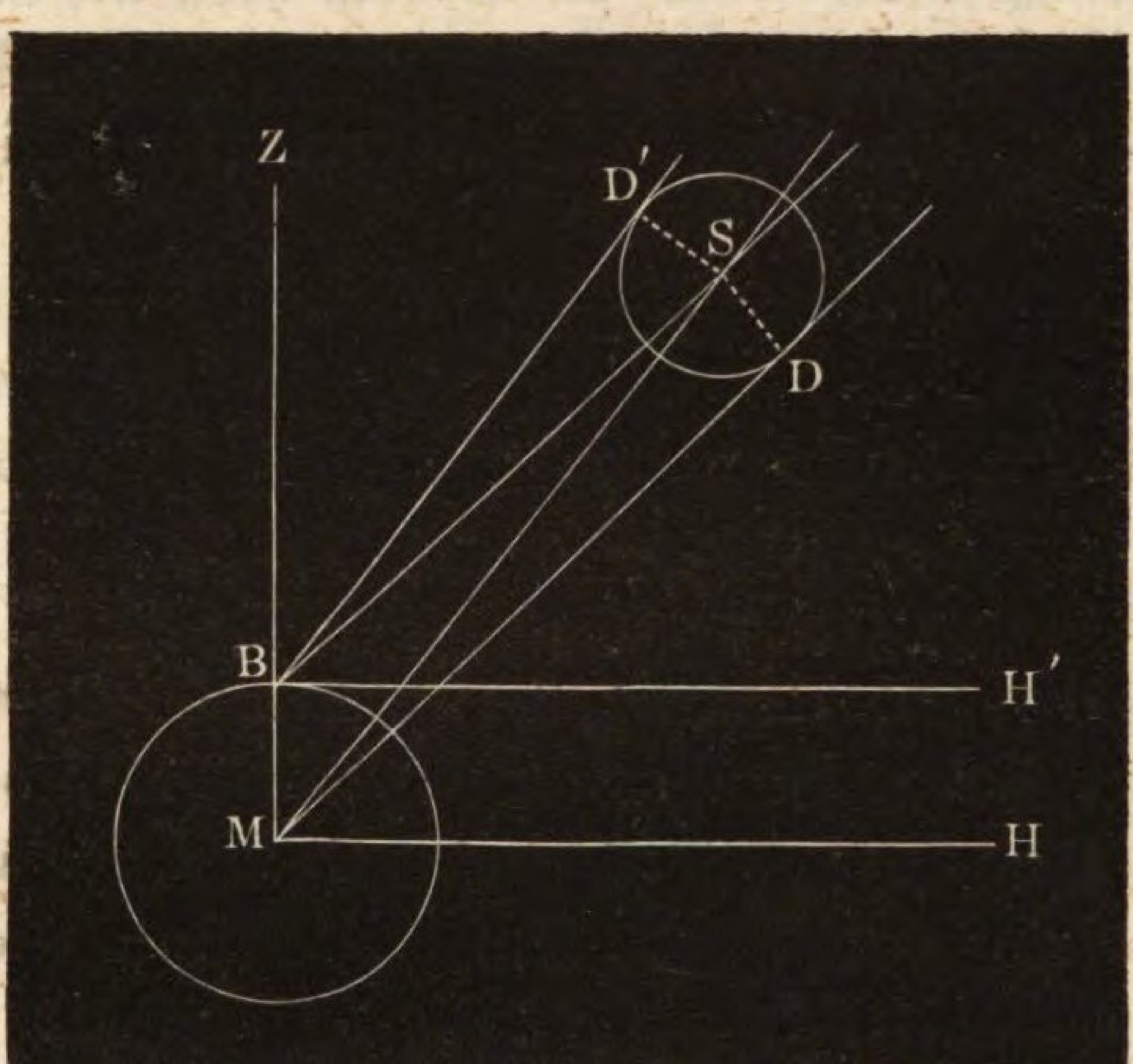
Rechnung gebracht werden. Hat man z. B. die Höhe des Unterrandes der Sonne, oder des Mondes abgeleitet, so erhält man die Höhe des Mittelpunktes, wenn man den Halbmesser addirt, ist hingegen die Höhe des Oberrandes gemessen, so findet man die Mittelpunktshöhe, wenn man den Halbmesser subtrahirt.

Hierbei sind wieder der scheinbare und der wahre Halbmesser zu unterscheiden. Denkt man sich vom Auge des Beobachters aus zwei Linien gezogen, von welchen die eine das als kreisförmig erscheinende Gestirn tangirt, die andere aber durch seinen Mittelpunkt geht, so heisst der von diesen Linien eingeschlossene Winkel der scheinbare Durchmesser des Gestirns. Denkt man sich hingegen jene Linien vom Mittelpunkte der Erde ausgehend, so nennt man den durch sie gebildeten Winkel den wahren Durchmesser.

Es sei S (Fig. 63) der Mittelpunkt des als kugelförmig erscheinenden Gestirns, M der Mittelpunkt der Erde, B der Ort des auf der Oberfläche letzterer befindlichen Beobachters, so ist der Winkel $D' B S = R'$ der scheinbare, $SMD = R$ aber der wahre Halbmesser des Gestirns. Dann ist

$$sin. R' : sin. R = MS : BS.$$

Fig. 63.



Bezeichnet man ferner die scheinbare Zenithdistanz ZBS durch Z', die wahre ZMS aber durch Z, so ist:

$$MS : BS = sin. Z' \; sin. Z,$$

folglich auch

$$sin. R' : sin. R = sin. Z' : sin. Z = cos. h' : cos. h.$$

Der scheinbare Durchmesser wächst, wie hieraus hervorgeht, mit der Parallaxe und hängt zugleich wie diese von dem grössern oder geringern Abstande des Himmelskörpers von der Erde ab.

Der scheinbare oder beobachtete Halbmesser ist grösser als der geocentrische. Bei den auf den Mond gerichteten Beobach-

tungen muss dieses berücksichtigt werden. Den geocentrischen Halbmesser findet man in den astronomischen Jahrbüchern und den nautischen Ephemeriden. Die Correction, durch welche man aus ihm den wahren erhält, ist in Tafel XV. enthalten, deren Argumente der „geocentrische Halbmesser“ und die „scheinbare Höhe“ sind.

Auch durch die Refraction erleidet der Halbmesser eine Veränderung. 156 Die von dem Unterrande eines Gestirns zum Auge des Beobachters gelangenden Strahlen werden in der Atmosphäre stärker gebrochen, als die vom Oberrande kommenden. Der Einfluss, welchen dieses auf den senkrechten Halbmesser hat, ist gleich dem Unterschiede der Refraction für die Höhe des Unterrandes und die des Mittelpunktes, oder der des Mittelpunktes und des Oberrandes. Hierin findet die ovale Form, in welcher uns die Sonne kurz vor ihrem Untergange erscheint, ihre Erklärung.

Es sei die wahre Höhe des Unterrandes der Sonne $7^0\ 10'\ 0''$, ihr Halbmesser $16'\ 0''$, so ist die wahre Höhe ihres Mittelpunktes $7^0\ 26'\ 0''$. Bestimmt man mittelst Tafel IX. die Refraction für diese wahren Höhen, so erhält man als genäherte Werthe für

die scheinbare Höhe des untern Randes	$7^0\ 17'\ 11''$
„ „ „ des Mittelpunktes	$7^0\ 32'\ 57''$

für diese Zahlen erhält man

Refraction für den untern Rand	$7'\ \ 5''$
„ „ den Mittelpunkt	$6'\ 50''$

und es ist hiernach

die scheinbare Höhe des untern Randes	$7^0\ 17'\ \ 5''$
„ „ „ des Mittelpunktes	$7^0\ 32'\ 50''$
Unterschied beider	$15'\ 45''$.

Der untere verticale Halbmesser erscheint im vorliegenden Falle um 15 Secunden verkürzt.

In Tafel XIV. sind die Verkürzungen zusammengestellt, welche 157 der Halbmesser des Mondes in verschiedenen Höhen für gegebenen Halbmesser erleidet. Durch Zuziehung der Tafeln lässt sich die Höhe des Mittelpunktes des Mondes bequem und schnell bestimmen.

B e i s p i e l. Man habe die von dem Indexfehler des Instruments und der Kimmtiefe befreite Höhe des untern Randes des Mondes $9^0\ 54'\ 16''$ gefunden, der Halbmesser des Mondes sei

nach der Ephemeride 15′ 20″. Es soll die scheinbare Höhe des Mittelpunktes bestimmt werden.

Scheinbare Höhe des Unterrandes des Mondes .			9° 54′ 16″
Halbmesser nach der Ephemeride		15′ 20″	
Taf. XIV. Unterrand	Halbmesser 15′ 20″ Höhe . . 9° 54′	— 8″	
Taf. XV. Vergröss.	Halbmesser 15′ 20″ Höhe . . 9° 54′ 20″	+ 3″	
Scheinbarer Halbmesser		15′ 15″	15′ 15″
Scheinbare Höhe des Mittelpunktes			10° 9′ 31″.

158 Bei Bestimmung der Länge durch Monddistanzen muss aus der scheinbaren Höhe des untern, oder obern Randes des Mondes die scheinbare Höhe des Mittelpunktes auf die angegebene Weise abgeleitet werden. Wenn nur erforderlich ist, die wahre Höhe des Mittelpunktes zu berechnen, so kommt man schneller zum Ziele, wenn man die gemessene Höhe des Randes wegen Refraction und Parallaxe corrigirt und zu der so verbesserten Höhe den nach der Ephemeride bestimmten Halbmesser addirt, oder davon subtrahirt, je nachdem nämlich die Höhe des untern, oder obern Randes beobachtet wurde.

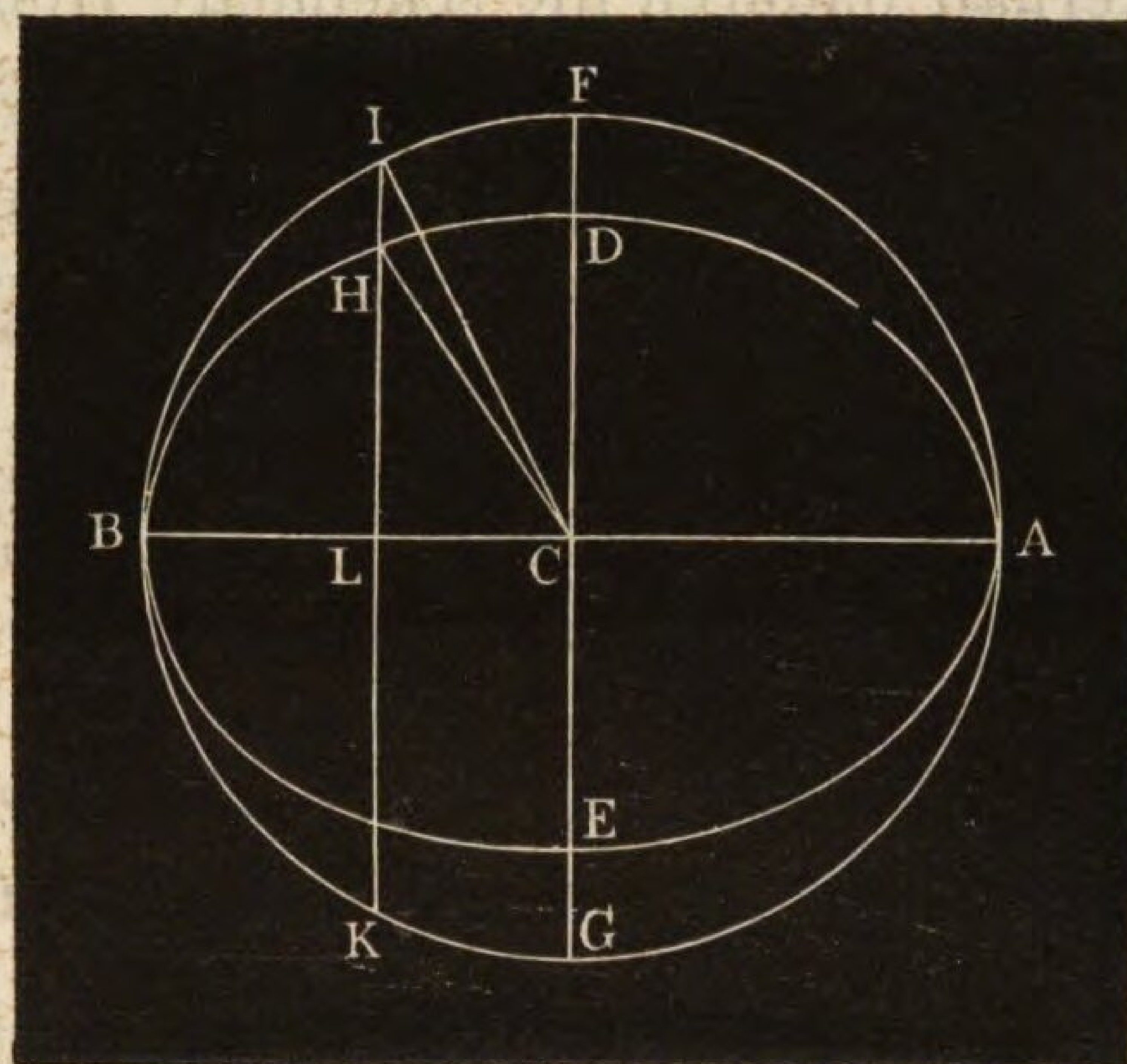
159 Bei der Längenbestimmung der Monddistanzen kommt ausserdem die Aufgabe vor, aus der durch Messung bestimmten scheinbaren Distanz der Ränder von Sonne und Mond die scheinbare Distanz der Mittelpunkte abzuleiten. Hierbei muss der entsprechende, gegen den Horizont geneigte Halbmesser bekannt sein. Letzterer erscheint aber ebenfalls verkürzt. Um wie viel ein solcher gegen den Horizont geneigter Halbmesser kürzer als der horizontale Halbmesser erscheint, findet man mittelst der Tafeln XVI. und XVII, deren Argumente die „Höhe“ und der „Winkel mit der Verticale“ sind.

Die Berechnung dieser Tafel gründet sich auf folgende Betrachtung.

Es sei $AFBG$ (Fig. 64) die kreisförmige Sonnenscheibe, C ihr Mittelpunkt, der Halbmesser CF sei r, die Hälfte der Sehne JK, d. i. JL sei y, die Verkürzung des verticalen Halbmessers FD sei v. Die Verkürzung von JL sei v', der Halbmesser CH $= r'$ und der Winkel FCJ sei ψ.

Unter den aufgeführten Grössen finden nun folgende Beziehungen Statt. Zuvörderst ist:

Fig. 64.



$$v : v' = r : y \text{ oder } v' = \frac{v}{r} \cdot y,$$

ferner

$$y = r \cos. \psi$$
$$v' = v \cos. \psi.$$

In dem rechtwinkeligen Dreiecke CJL ist

$$r^2 = y^2 + CL^2.$$

Wenn man diese Gleichung in Beziehung auf r und y differenziirt und in

$$r\,dr = y\,dy$$

$dy = v'$ und $dr = r - r'$ setzt, so erhält man:

$$r - r' = v \cos. \psi^2.$$

Schemen für die Rechnungen, mittelst welcher die wahre Höhe des Mittelpunktes eines Gestirns aus der beobachteten Höhe abgeleitet wird.

Bei der mit tragbaren Instrumenten ausgeführten Messung der Höhe der Gestirne geht man auf dem Festlande von ihrem Bilde im künstlichen Horizonte aus, auf der See aber von der Kimm. In beiden Fällen wird zuvörderst der Index- oder Collimationsfehler in Rechnung gebracht. 160

Bezieht sich die Messung auf den künstlichen Horizont, so

hälftet man alsdann den durch Messung gefundenen Winkel und erhält dadurch die scheinbare Höhe.

Hat man den Kimmabstand gemessen, so subtrahirt man die Kimmtiefe und erhält dadurch die scheinbare Höhe.

Um von der scheinbaren Höhe aus zur wahren Höhe des Mittelpunktes zu gelangen, muss man den gemessenen Winkel bei den Fixsternen vom Einflusse der Refraction, bei den Planeten von der Wirkung der Refraction und Parallaxe, bei der Sonne und dem Monde von der Einwirkung der Refraction und Parallaxe befreien und daneben die Grösse des Halbmessers in Rechnung bringen.

161 Für einen Fixstern ist

die wahre Höhe = scheinbare Höhe — Refraction.

Beispiel. Durch Messung mittelst des Quecksilberhorizonts hat man die doppelte Höhe des Sterns α Cygni = 67° 42′ gefunden. Der Indexfehler betrug — 0° 1′ 20″, der Barometerstand war 28″ 6‴ Par. M., das Thermometer zeigte + 11,0° R. Man soll die wahre Höhe bestimmen.

Gemessene doppelte Höhe		= 67° 42′ 0″
Indexfehler		= 1′ 20″
Verbesserte doppelte Höhe		= 67° 40′ 40″
		(:2
Scheinbare Höhe		= 33° 50′ 20″
Mittlere Refraction für 33° 50′ (Tafel IX.) .	1′ 26″	
Correct. für Temp. (Taf. X.) M. Refr. 1′ 26″, Temp. 11,0°	— 1,5″	
Correct. für Barom. (Taf. XI.) M. R. + Cor. 1, Barom. 28″ 6‴	+ 2,5″	
Refraction	1′ 27″	1′ 27″
Wahre Höhe		= 33° 48′ 53″.

162 Für einen Planeten ist

die wahre Höhe = scheinbare Höhe — Refraction + Parallaxe.

Beispiel. Die scheinbare Höhe der Venus wurde am 11. Februar 1857 = 20° 10′ gefunden, die Horizontal-Parallaxe war 10,4″. Welches ist die wahre Höhe?

Scheinbare Höhe			$20^0\ 10'\ 0''$
Mittlere Refr. für $20^0\ 10'$ (Taf. IX.) . .		$= -\ 2'\ 36''$	
Höhen-Parallaxe (Taf. XIII.)	Höhe 20^0 / Parall. $10''$	$=\ 9''$	
Refraction + Parallaxe		$-\ 2'\ 27''$	$2'\ 27''$
Wahre Höhe .			$20^0\ 7'\ 33''$.

Für Sonne und Mond ist 163

die wahre Höhe des Mittelpunktes = scheinbare $\left\{\begin{matrix}\text{Unterrands-}\\ \text{Oberrands-}\end{matrix}\right\}$ Höhe

— Refraction + Parallaxe ± wahrem Halbmesser.

Beispiel. Durch Beobachtung hat man die Höhe des untern Randes der Sonne über der Kimm $= 16^0\ 5'\ 40''$ gefunden.

Die Höhe des Auges war . . . $= 16'$ rheinländisch,
der Indexfehler $= -\ 1'\ 45''$,
der Barometerstand $= 28''\ 3'''$ Par. M.,
die Temperatur der Luft . . . $= 14^0$ R.,
der Halbmesser der Sonne . . $= 15'\ 47''$.

Man sucht die wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne.

Beobachtete Höhe des untern Sonnenrandes . .			$= 16^0\ 5'\ 40''$
Indexfehler .			$=\ 1'\ 45''$
Scheinbare Höhe des Unterrandes der Sonne . .			$= 16^0\ 3'\ 55''$
Kimmtiefe (Taf. VIII.)			$=\ 4'\ 0''$
Verbesserte Unterrandshöhe			$= 15^0\ 59'\ 55''$
Mittlere Refraction (Taf. IX.)		$3'\ 19''$	
Correct. für Temp. (Taf. X.)	M. Refr. $3'\ 19''$ / Temp. 14^0	$-\ 7''$	
Correct. für Barom. (Taf. XI.)	M.R. + 1 Cor. / Bar. $28''\ 3'''$	$+\ 3''$	
Refraction		$3'\ 15''$	
Parallaxe		$+\ 8''$	
Refraction + Parallaxe		$3'\ 7''$	. . $3'\ 7''$
Wahre Höhe des Unterrandes der Sonne . . .			$= 15^0\ 56'\ 48''$
Halbmesser der Sonne			$=\ 15'\ 47''$
Wahre Höhe des Sonnenmittelpunktes			$= 16^0\ 12'\ 35''$.

164 Muss man ausser der wahren Höhe des Mittelpunktes die scheinbare Höhe des letztern kennen, wie bei Bestimmung der Länge durch Monddistanzen erforderlich ist, so führt man die Rechnung auf die aus folgenden Beispielen ersichtliche Weise.

a. Berechnung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes der Sonne.

165 Beispiel. Die Höhe des Unterrandes der Sonne über der Kimm hat man mit einem Sextanten ohne Indexfehler gemessen und = 3° 15′ 50″ gefunden. Die Höhe des Auges über dem Wasserspiegel betrug $7^1/_2$ Fuss rheinländisch. Barometerstand = 27″ 11,2‴ Par. M., Thermometerstand = 12° R., Halbmesser der Sonne = 15′ 56″. Man bestimme die scheinbare und wahre Höhe des Mittelpunktes.

Beobachtete Höhe des Unterrandes		= 3° 15′ 50″
Kimmtiefe (Tafel VIII.)		= 2′ 44″
Scheinbare Höhe des Unterrandes		= 3° 13′ 6″
Halbmesser der Sonne	= 15′ 56″	
Verkürzung (Tafel XIV.)	= 44″	
Scheinbarer Halbmesser	= 15′ 12″ . . .	15′ 12″
Scheinbare Höhe des Mittelpunktes		= 3° 28′ 18″
Mittlere Refraction für 3° 20′ . .	= 13′ 15″	
nimmt ab für 8′ 18″	= 22″	
Mittlere Refraction für 3° 28′ 18″	= 12′ 53″	
Corr. für Temp. (Taf. X.) M. Refr. 12′ 53″ / Temp. 12° R.	— 20″	
Corr. für Bar. (Taf. XI.) M. R. + 1 Cor. / Bar. 27″ 11,2‴	+ 4″	
Wahre Refraction	= 12′ 37″	
Parallaxe	= + 8″	
Refraction + Parallaxe	= 12′ 29″ . . .	12′ 29″
Wahre Höhe des Mittelpunktes		= 3° 15′ 49″.

b. Bestimmung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes des Mondes.

Beispiel. Mittelst des künstlichen Horizonts hat man unter 166
$53^0\ 22'$ nördl. Breite die doppelte Höhe des obern Mondrandes gemessen und $= 90^0\ 31'\ 15''$ gefunden. Der Indexfehler war $-1'\ 3''$, das Azimuth des Mondes, vom Nordpunkte aus gerechnet, war $146^0\ 40'$, die durch Interpolation aus den Angaben der Ephemeride bestimmte Horizontalparallaxe $= 58'\ 54''$, der corrigirte Halbmesser des Mondes $= 16'\ 14''$. Man sucht die scheinbare und wahre Höhe des Mittelpunktes, die wahre Distanz vom geocentrischen Zenith.

Doppelte Höhe des Oberrandes des Mondes	=	$90^0\ 31'\ 15''$
Indexfehler	=	$1'\ 3''$
Verbesserte doppelte Höhe	=	$90^0\ 30'\ 12''$
		(2
Scheinbare Höhe des Oberrandes	=	$45^0\ 15'\ 6''$
Corrigirter Halbmesser	=	$16'\ 14''$
Scheinbare Höhe des Mittelpunktes . . .	=	$44^0\ 58'\ 52''$.

Nachdem so die scheinbare Höhe des Mondes berechnet ist, wird unter Zuziehung der in den Tafeln XVIII. und XIX. enthaltenen Zahlen die wahre vom Mittelpunkte der Erde aus gesehene Höhe bestimmt. Das Azimuth des Mondes, welches in Tafel XVIII. als Argument auftritt, muss hier für die Orte auf der nördlichen Halbkugel der Erde vom Südpunkte, auf der südlichen Halbkugel aber vom Nordpunkte an gerechnet werden. Die dazu gehörende Correction wird als positiv in Rechnung gebracht, so lange das Azimuth kleiner als 90^0 ist und als Argument in der obersten Reihe der Tafel steht, als negativ hingegen, wenn es grösser als 90^0 ist und unter der Tafel steht.

Die Tafel XIX. enthält die an der Horizontalparallaxe wegen der Breite anzubringende Correction. Durch sie erhält man die Horizontalparallaxe des Orts der Beobachtung p, die Höhenparallaxe für den Ort der Beobachtung wird aus h, der scheinbaren geocentrischen Höhe, und P, die Horizontalparallaxe für den Ort der Beobachtung, durch die Formel

$$p = P\ cos.\ h$$

gefunden. Hiernach gestaltet sich die noch übrige Rechnung auf folgende Weise.

Scheinbare Höhe . $= 44^0\ 58'\ 52''$
Refraction $=$ $58''$.

Scheinb. Höhe — Refr. $= 44^0\ 57'\ 54''$ $44^0\ 57'\ 54''$
Azimuth $33^0\ 20'$ } (T. XVIII.) $+ 9'\ 0''$
Breite $53^0\ 22'$ }

Schnb. geoc. Höhe $= h = 45^0\ 6'\ 54''$ *log. cos.* $= 9{,}84861$
Horiz.-Aeq.-Parall. . . $58'\ 54{,}3''$
Parall. $58^0\ 54'$ } (Taf. XIX.) $-\ 7{,}3''$
Breite $53^0\ 22'$ }

Horiz.-Parall. für den Ort
der Beobachtung $= P = 58'\,47''$ *log.* $= 3{,}54741$

$log. (P \cos. h) = 3{,}39602$
$p = P \cos. h = 2489'' = 41'\ 29''$

Wahre Höhe des Mittelpunktes $= 45^0\ 39'\ 23''$

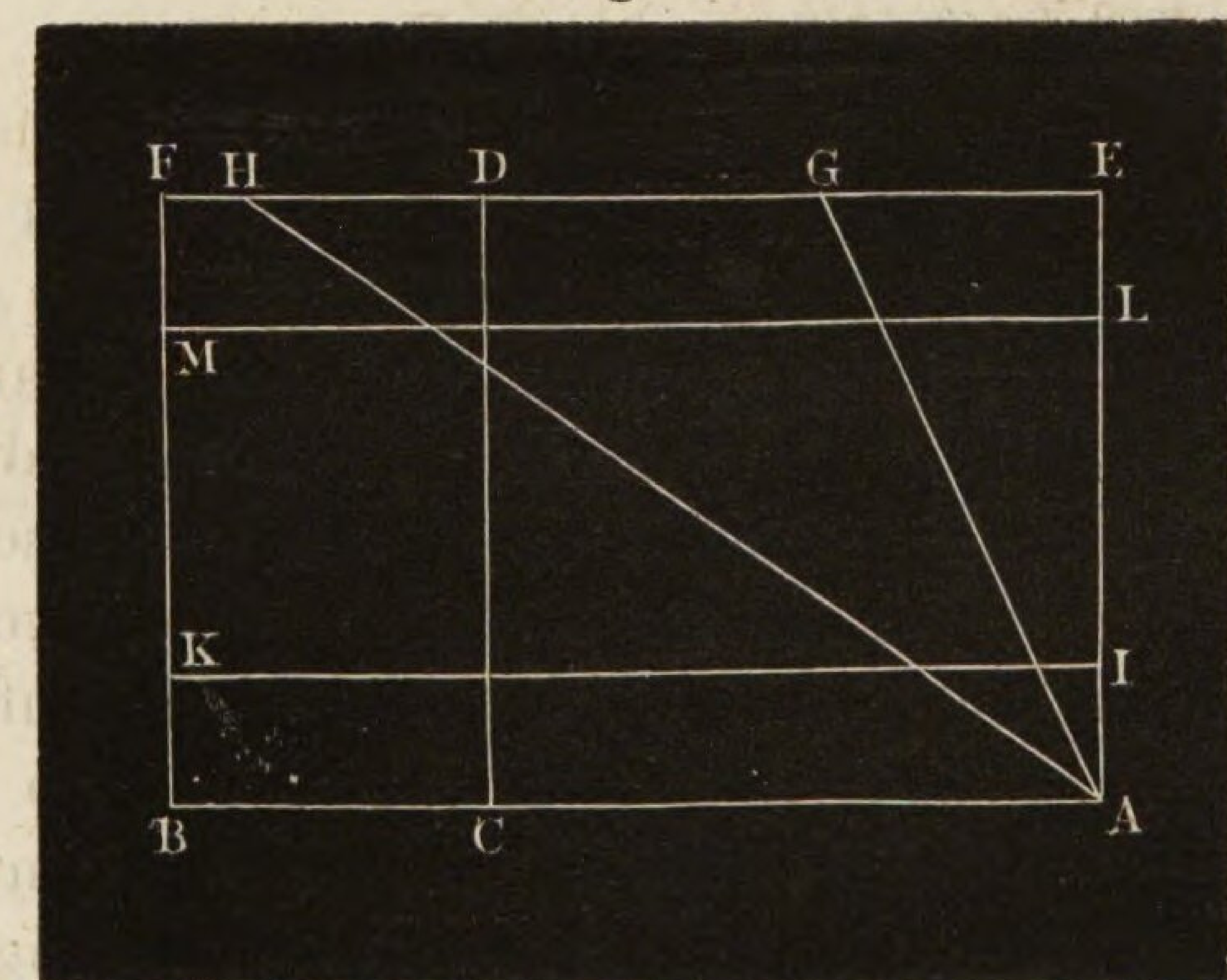
Sechstes Buch.

Das
astronomisch-nautische Diagramm
und
sein Gebrauch.

Erklärung des astronomisch-nautischen Diagramms.

Die Auflösung der Aufgaben der astronomischen Geographie 167
und nautischen Astronomie durch das astronomisch-nautische Diagramm geschieht einfach dadurch, dass man den Abstand gewisser Punkte auf dem grössern Rechtecke, dem Haupttheile des Instruments, bestimmt. Wir wollen letzteres im Folgenden das Projectionsnetz, oder kurz das Netz nennen. Die Fig. 65 ist

Fig. 65.



eine verjüngte Zeichnung des Projectionsnetzes, welche dienen mag, den Gebrauch und die Anwendung des Diagramms zu erklären. Die Punkte, deren Abstand gemessen wird, erhalten ihre Lagenbestimmung durch zwei sich schneidende Linien. Die eine von diesen Linien geht schräg aufwärts. Sie entspricht der geo-

graphischen Breite und soll im Folgenden kurz die Breitenlinie genannt werden. In Figur 65 sind *AG* und *AH* solche Breitenlinien. Andere Linien, wie *IK* und *LM*, sind mit der durch *A* gezogenen horizontalen Linie *AB* parallel. Diese Linien erhalten ihre nähere Bestimmung bei einigen Aufgaben durch die Höhe der Himmelskörper über dem Horizonte, bei andern durch ihre Declination. Im Folgenden wollen wir sie durch Höhenlinien bezeichnen. Jede Breitenlinie bildet mit der Randlinie rechter Hand, *AE*, einen Winkel, welcher gleich der Breite des Orts ist, für welchen die Zeit, das Azimuth u. s. w. abgeleitet werden soll. Demzufolge schliesst sie mit der Grundlinie einen Winkel ein, welcher dem Complemente der Breite oder der Colatitude, d. i. der Aequatorhöhe, gleich ist. Für die Breite 1°, 2°, 3° . . . 90° sind alle Breitenlinien und ebenso für die Höhen 1°, 2°, 3° . . . 90° die Höhenlinien auf dem Netze ein- für allemal gezogen. Sind also die Breite und Höhe, oder auch die Declination, in ganzen Graden gegeben, so finden sich die bei der Auflösung der Aufgaben in Betracht kommenden Punkte unmittelbar vor, im andern Falle müssen der Breite und Höhe entsprechende Linien eingeschaltet (interpolirt) werden. Hierbei bedient man sich der Maassstäbe, von welchem sich der eine links neben dem Projectionsnetze, der andere auf der dem Projectionsnetze gegenüberstehenden Tafel befindet.

168 Der auf der linken Seite des Netzes befindliche Maassstab, mit Colatitude und Tangens überschrieben, welchen wir im Folgenden den Tangentenmaassstab nennen wollen, enthält die Tangenten von 0° bis 45° und somit auch die Cotangenten von 45° bis 90° als lineare Grössen, und zwar mittelst der Transversalen von Minute zu Minute. Er wird vorzugsweise bei der Interpolation der Breitenlinien gebraucht, indem die von ihm abgenommenen Längen auf der Linie *EF* oder der auf dem Netze liegenden Linie *DC* (Fig. 65) abgetragen und so ein zweiter Punkt der von *A* ausgehenden Breitenlinien bestimmt wird. Man geht beim Gebrauch der Transversalen auf dem Tangentenmaassstabe immer von einer der Linien aus, welche durch die Punkte gehen, welche mit den Zahlen 0 — 0, 5 — 5, 10 — 10, 15 — 15 u. s. w. bezeichnet sind.

169 Der Maassstab auf der gegenüberstehenden Tafel, mit „Höhen" und „Sinus" überschrieben und im Folgenden der Sinusmaassstab genannt, enthält die natürlichen Sinus, Cosinus, Sinus versus

und Cosinus versus aller Winkel von 0° bis 90°, ebenfalls als lineare Grössen und zwar durch die auf ihm befindlichen Transversalen von Minute zu Minute. Dieser Maassstab dient einerseits, um den der Höhe eines Gestirns entsprechenden Punkt bis auf die Minute genau auf dem Projectionsnetze einschalten, andererseits, um die Zeitminuten oder die Viertelgrade des Bogenmaasses, welche auf dem danebenstehenden, in Form eines Dreiecks gegezeichneten, Maassstabe abgemessen werden, unterabtheilen zu können.

Das in Form eines Dreiecks neben den Sinusmaassstabe gezeichnete Maass, im Folgenden der Zeitmaassstab genannt, enthält ebenfalls die Sinus, Cosinus, Sinus versus und Cosinus versus als lineare Grössen, unterscheidet sich aber von dem Sinusmaassstabe, von welchem soeben die Rede war, wesentlich dadurch, dass in ihm die genannten trigonometrischen Linien für die verschiedenen Radien der Declinations- und Höhenkreise der Gestirne enthalten sind. Man bestimmt durch ihn den Stundenwinkel, die Auf- und Untergangszeit, das Azimuth u. s. w. Die zwischen ihm und den Sinusmaassstabe stehenden Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, welche von oben nach unten gezählt werden, und ebenso die von unten nach oben laufenden Zahlen VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII. geben die Stunden, die dann noch neben diesen stehenden, von oben nach unten fortschreitenden Zahlen 0, 5, 10 . . . 90 die Grade an. 170

Die Construction des Zeitmaassstabes, von welchem Fig. 66 (a. f. S.) ein verjüngtes Bild ist, gründet sich auf folgende Sätze. 171

Auf der verticalen Linie BC sind von B ausgehend nach C hin die Sinus der Winkel von 0° bis 90° abgetragen. Es ist

$$BD = sin.\ 10^0,$$
$$BE = sin.\ 20^0,$$
$$BF = sin.\ 30^0 \text{ u. s. w.}$$

Weil $sin.\, a = cos.\,(90 - a)$, so ist zugleich

$$BD = cos.\ 80^0,$$
$$BE = cos.\ 70^0,$$
$$BF = cos.\ 60^0 \text{ u. s. w.,}$$

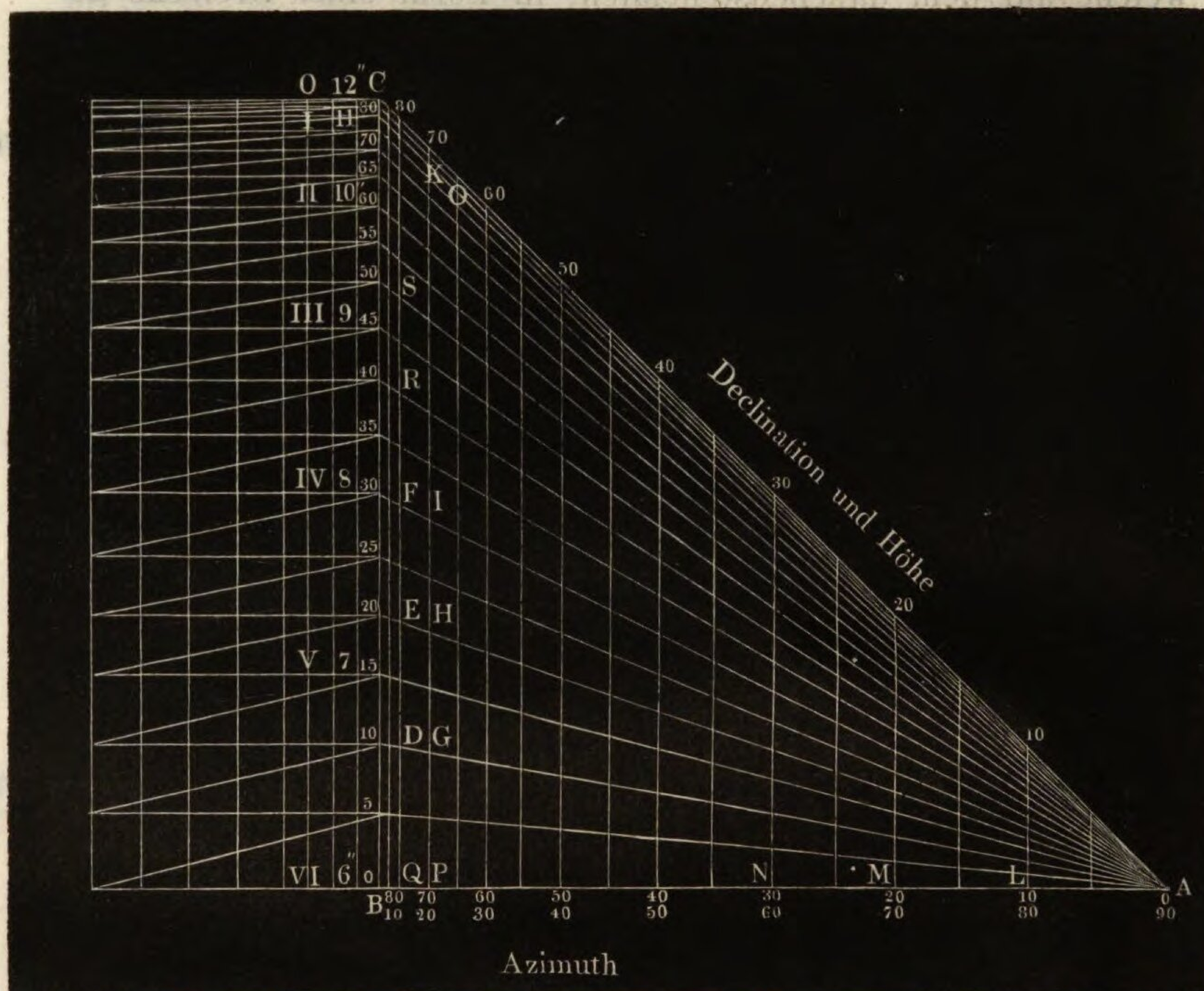
und weil $1 - cos.\, a = sin.\ vers.\ a$, so ist

$$CF = sin.\ vers.\ 60^0,$$
$$CE = sin.\ vers.\ 70^0,$$
$$CD = sin.\ vers.\ 80^0 \text{ u. s. w.}$$

Auf dieselbe Weise sind auch von A aus nach B hin die Sinus aller Winkel von 0° bis 90° abgetragen. Es ist

$$AL = sin.\ 10^0 = cos.\ 80^0,$$
$$AM = sin.\ 20^0 = cos.\ 70^0,$$
$$AN = sin.\ 30^0 = cos.\ 60^0 \text{ u. s. w.}$$

Fig. 66.



Dadurch, dass die Theilungspunkte für die einzelnen Grade auf BC mit dem Punkte A durch schräg laufende Linien verbunden und durch die auf AB liegenden Punkte die Linien QK, PO u. s. w. parallel mit BC gezogen sind, hat der Zeitmaassstab die Einrichtung erhalten, dass durch ihn auch die Bogen und Winkel aller Kreise, deren Radien kleiner als BC sind, durch die ihnen angehörenden, als lineare Grössen gegebenen Sinus, Cosinus und Sinus versus bestimmt werden können.

172 Die Messung, welche man auf dem Zeitmaassstabe vornimmt, um die Zeit aus der gemessenen Höhe der Gestirne zu bestimmen, muss, wenn sich letztere zur Zeit der Beobachtung nicht

gerade im Aequator befinden, auf der Linie geschehen, welche ihrer Declination entspricht. Die unter *AB* und *CD* stehenden, in *B* und *C* mit 0 anfangenden und nach *A* hin bis 90° fortlaufenden Zahlen dienen, um letztere auffinden zu können.

Die Messungen zum Behufe der Bestimmung des Azimuths, werden auf der Linie gemacht, deren Zahl mit der Höhe des Gestirns übereinstimmt.

Durch die Transversallinien des neben *BC* stehenden Sinus- 173
maassstabes ist das Mittel gegeben, durch welches man von dem als Grade bezeichneten Abschnitte auf der Linie *BC*, und folglich auch von den diesem entsprechenden Abschnitten auf *AB* den 120. Theil bestimmen kann. Durch Hülfe dieser Transversalen können somit die Winkel bis zu 15 Bogensecunden genau bestimmt werden.

Durch die Transversallinien auf dem Sinusmaassstabe lassen sich aber nicht allein die Minuten und Secunden der auf *BC* und *AB* liegenden Grade bestimmen, sondern auch die, welche auf den mit *BC* parallel laufenden Linien *QK*, *PO* u. s. w. des Zeitmaassstabes liegen. Will man z. B. den Abstand eines Punktes, welcher auf *QK* zwischen *H* und *I* liegt, genau angeben, so fasst man die Länge *IH* in den Zirkel und sucht auf *BC* die Länge *RS* auf, welche mit *IH* genau übereinstimmt, und bestimmt dann durch die von den Endpunkten von *RS* ausgehenden Transversalen auf dem Sinusmaassstabe die gesuchte Grösse.

Bei einer der folgenden Methoden, die Zeit zu bestimmen, 174
muss die Culminationshöhe und der Culminationspunkt bestimmt werden. Unter der Culminationshöhe verstehen wir die Höhe, bis zu welcher sich ein Himmelskörper über den Horizont erheben würde, wenn man von der Voraussetzung ausgeht, dass seine Declination bis zur Zeit seiner Culmination der gleich bleibt, welche er im Augenblicke der Beobachtung hat. Der Punkt auf dem Netze, welcher der Culminationshöhe entspricht, ist der Culminationspunkt. Er liegt da, wo die der Breite des Orts der Beobachtung angehörende Breitenlinie und die zur Culminationshöhe gehörende Höhenlinie sich schneiden. Die Culminationshöhe berechnet man nach folgender Regel.

Berechnung der Culminationshöhe eines Gestirns.

1. Man subtrahire die Breite des Orts der Beobachtung von 175
90°. — 2. Zu dem so gefundenen Complement der Breite, d. i. der

Aequatorhöhe, wird dann die Declination des Gestirns addirt, oder sie wird davon subtrahirt.

Die Declination wird zur Aequatorhöhe addirt, wenn die Breite des Orts der Beobachtung und die Declination des Gestirns gleichnamig sind; sie wird subtrahirt, wenn Breite und Declination ungleichnamig sind, d. h. wenn die eine nördlich, die andere südlich ist.

Beispiel. Unter 53° 22′ 6″ nördlicher Breite hat man für einen gewissen Augenblick die wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne bestimmt und dieselbe = 16° 7′ 33″ gefunden. Die Declination ist für denselben Augenblick = *N* 21° 38′ 43″. Welches ist die Höhe ihres Culminationspunktes?

Breite	*N* 53° 22′ 6″
ab von	89° 59′ 60″
Aequatorhöhe	36° 37′ 54″
Declination	*N* 21° 38′ 43″
Höhe des Culminationspunktes . .	58° 16′ 37″.

Bestimmung des Culminationspunktes.

176 Um den der voranstehenden Zahl entsprechenden Culminationspunkt auf dem Projectionsnetze zu finden, bestimmt man zwischen den Höhenlinien, welche mit 58° und 59° bezeichnet sind, die 16′ 37″ von der durch 58° bezeichneten Linie entfernten Punkte mittelst der von 58° nach 59° gehenden Transversallinie auf dem Sinusmaassstabe, und zieht durch diese eine Höhenlinie. An der Stelle, wo letztere die der Breite 53° 22′ 6″ angehörende Linie schneidet, liegt der gesuchte Punkt.

Bestimmung des Höhenpunktes.

177 Ein zweiter Punkt, welcher auf dem Projectionsnetze bestimmt werden muss, ist der Höhenpunkt. Dieser liegt da, wo die Breitenlinie des Orts der Beobachtung von der der wahren Höhe des Himmelskörpers angehörenden Höhenlinie geschnitten wird.

178 Wie die Aufgaben der astronomischen Geographie mittelst des Diagramms gelöst werden, ergiebt sich aus Folgendem.

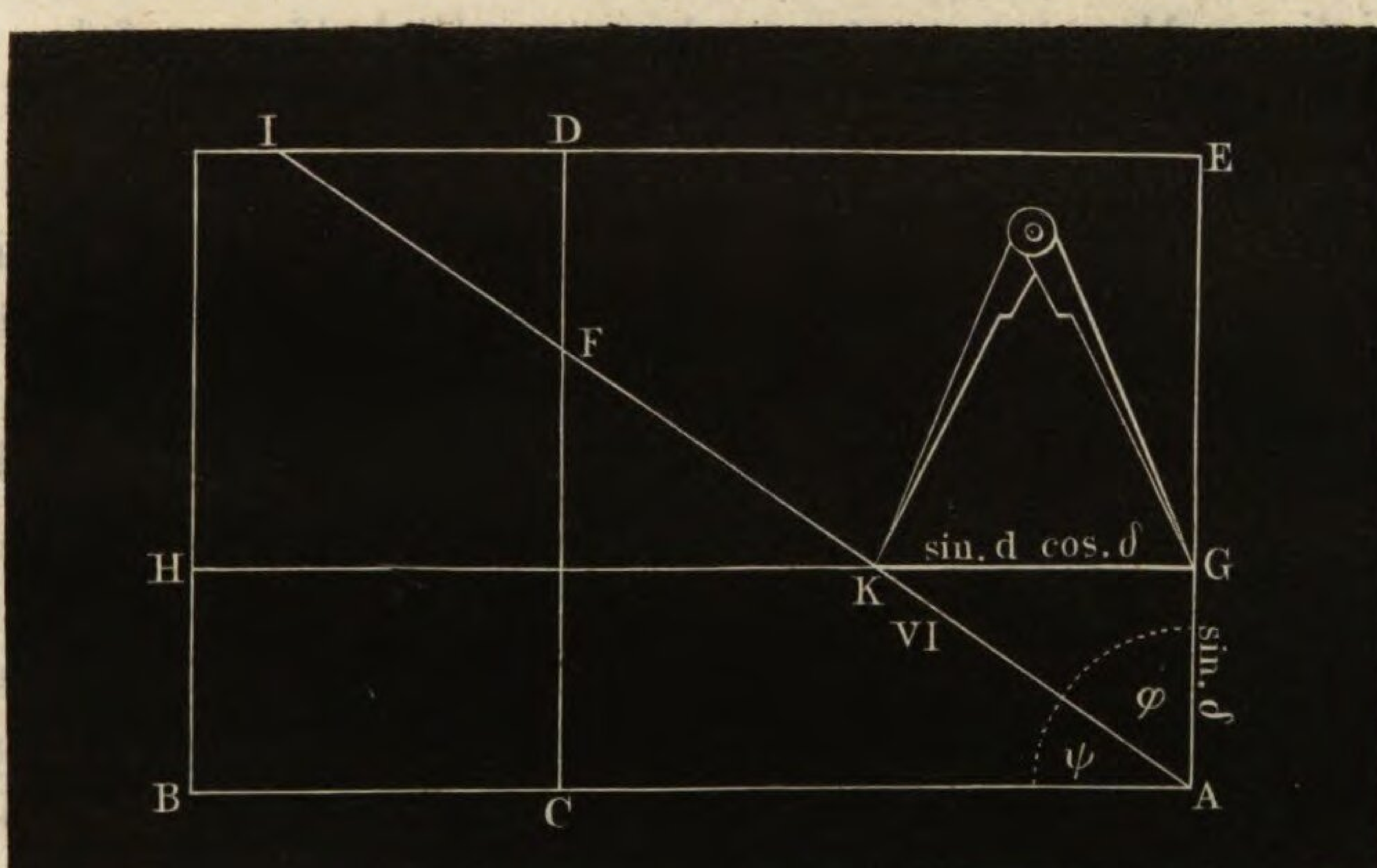
I. Bestimmung der Ascensionaldifferenz.

Die Ascensionaldifferenz ist nach §. 32 die Zeit, wie viel die 179
Sonne an einem gegebenen Tage vor, oder nach 6 Uhr auf- oder untergeht. Sie ist gleich dem in Zeit ausgedrückten Bogen OR (Fig. 20, S. 31). Sie lässt sich durch das Diagramm leicht bestimmen.

Beispiel. Was ist die Ascensionaldifferenz der Sonne für Emden, 1856, April 1? Die Declination der Sonne ist $N\,4^0\,43'\,45''$, die Breite $N\,53^0\,22''$.

Auflösungen. 1. Zuvörderst ziehe man die der Breite entsprechende Linie AI (Fig. 67) so, dass sie mit AE den Winkel

Fig. 67.



Ascensionaldifferenz.

$$cos.\,t = sin.\,d = -\,tg.\,\varphi\;tg.\,\delta.$$

$\varphi = 53^0\,22'$ einschliesst, oder auch, was dasselbe ist, man mache den Winkel $\psi = 90^0 - \varphi = 36^0\,38'$. Zu dem Zwecke fasst man auf dem rechts neben dem Netze stehenden Tangentenmaassstabe die Tangente des Winkels $36^0\,38'$ in den Zirkel und trägt diese auf der Linie CD von C nach F hin ab. Da sich die Breitenlinie für 36^0 auf dem Netze schon vorfindet, so braucht man nur noch die $38'$ zwischen 36^0 und 37^0 einzuschalten. Es sei AFI die Breitenlinie.

2. Bestimme man mittelst des Sinusmaassstabes die dem Sinus der Declination $\delta = 4^0\,43'\,45''$ entsprechende Länge, fasse diese zwischen die Zirkelspitzen und trage sie auf der Rand-

linie AE zur rechten Hand von A nach G, und ebenso auf der Randlinie links von B nach H hin ab und ziehe GH. Da die dem Sinus 4° angehörende Höhenlinie sich schon auf dem Netze befindet, so kommt man auch hier schneller und bequemer zum Ziele, wenn man zwischen 4° und 5° den Punkt für 43′ 45″ mittelst der auf dem Sinusmaassstabe von 4° nach 5° gezogenen Transversallinie interpolirt.

3. Der Abstand des Punktes K, in welchem die Breitenlinie AI von der Höhenlinie GH geschnitten wird, von G ist die Ascensionaldifferenz. Um letztere in Zeit ausgedrückt zu erhalten, fasst man den Abstand KG in den Zirkel und bestimmt seine Länge auf der der Declination angehörenden Linie auf dem Zeitmaassstabe. Diese letztere Linie auf dem Zeitmaassstabe ist die neben BC (Fig. 66 S. 178) zwischen 4° und 5° für 4° 43′ 45″ eingeschaltete. Bei dieser Messung setzt man den einen Zirkelfuss auf der Linie BA da an, wo die der Declination 4° 43′ 45″ angehörende Linie damit zusammentrifft. Der andere Zirkelfuss reicht dann bis zu dem Punkte hinauf, welcher die Ascensionaldifferenz bestimmt. Für die vorliegende Aufgabe findet man $0^h\ 25^m\ 28^s$. Dieses ist wahre Zeit.

Die 28^s sind auf die oben angegebene Weise dadurch bestimmt, dass man die Länge auf dem Rande des Sinusmaassstabes aufsucht, welche mit dem zwischen 25^m und 26^m liegenden Stücke auf der der Declination entsprechenden Linie übereinstimmte und auf der dazu gehörigen Transversale den Abstand des zwischen 25^m und 26^m liegenden Punktes von der Linie für 25^m in Zeit ausdrückt.

Anm. 1. Soll für einen und denselben Ort die Ascensionaldifferenz für eine Reihe von Tagen bestimmt werden, so wird die dazu erforderliche Manipulation dadurch einfacher, dass die Breitenlinie dieselbe bleibt.

Anm. 2. Bei einem nur etwas geübten Augenmaasse ist es nicht erforderlich, die Linie GH zu ziehen. Es genügt, die Minuten und Secunden zwischen die Zirkelspitzen zu fassen und, von der nächsten Höhenlinie ausgehend, auf dem rechten Rande den Punkt G, auf der Breitenlinie aber den Punkt K zu bestimmen. Die so bestimmten Endpunkte der Linie GK sind dann ausreichend, um die Ascensionaldifferenz zu bestimmen.

180 Die Richtigkeit der Auflösung der voranstehenden Aufgabe durch das Diagramm folgt höchst einfach aus den Formeln §. 48:

$$sin.\, d = -\, tg.\, \varphi\ tg.\, \delta = -\, \frac{tg.\, \delta}{cotg.\, \varphi} = -\, \frac{tg.\, \delta}{tg.\, \psi}.$$

Der letztern Formel habe ich, um die Aufgabe durch das Diagramm lösen zu können, die Form

$$sin.\ d\ cos.\ \delta = -\frac{sin.\ \delta}{tg.\ \psi} \text{ gegeben.}$$

Die Auflösung der Aufgabe durch Rechnung geschieht am einfachsten nach der Formel: 181

$$sin.\ d = tg.\ \delta\ tg.\ \varphi.$$

Es ist:

$$\delta = 4^0\ 42'\ 45''\ log.\ tg. = 8{,}9162$$
$$\varphi = 53^0\ 22'\ 6''\ log.\ tg. = 10{,}1287$$
$$log.\ sin.\ d = 9{,}0449$$
$$d = 6^0\ 22' \text{ oder } = 0^h\ 25^m\ 28^s.$$

II. Die Zeit des Auf- oder Unterganges der Sonne zu bestimmen.

Um die Aufgangszeit der Sonne zu finden, muss man, wenn Breite und Declination gleichnamig sind, d. h. beide Süd, oder beide Nord, die (§. 179) gefundene Ascensionaldifferenz von 6 Stunden subtrahiren. Der Rest ist die gesuchte Aufgangszeit. 182

Um die Zeit des Unterganges zu finden, addirt man zur Ascensionaldifferenz 6 Stunden hinzu.

Wenn Breite und Declination ungleichnamig sind, so erhält man die Aufgangszeit, wenn man die Ascensionaldifferenz zu 6 Stunden addirt, die Untergangszeit aber, wenn man die Ascensionaldifferenz von 6 Stunden subtrahirt.

Durch Auflösung der Aufgabe §. 179 fanden wir die Ascensionaldifferenz:

$= 0^h\ 25^m\ 28^s$.

Subtrahirt man diese von . . $6^h\ 0^m\ 0^s$,

so erhält man $5^h\ 34^m\ 32^s$

als Zeit des Aufganges der Sonne; addirt man hingegen jene Zahl zu 6^h, so findet man $6^h\ 25^m\ 28^s$; dieses ist die Untergangszeit.

Bei der voranstehenden Bestimmung der Ascensionaldifferenz wurde die Declination der Sonne für den Mittag genommen und aus dieser sowohl die Aufgangszeit, als auch die Untergangszeit abgeleitet. Weil aber bei einer genauen Bestimmung die Declination maassgebend ist, welche die Sonne im Augenblicke des 183

Auf- oder Unterganges hat, so ist das Ergebniss der Bestimmung letzterer durch das Diagramm, oder auch durch Rechnung, nur annähernd richtig. Um ein genaues Resultat zu erhalten, muss man dann die Declination der Sonne für $5^h\ 34^m\ 36^s$ *A.M.* und $6^h\ 25^m\ 28^s$ *P.M.* ableiten, und aus den so für die Declination gefundenen Zahlen die Ascensionaldifferenz aufs neue bestimmen. Die Declination für $5^h\ 34^m\ 36^s$ *A.M.* ist $+ 4^0\ 38'\ 22''$, die für $6^h\ 25^m\ 28^s$ *P.M.* ist $+ 4^0\ 49'\ 55''$, für diese Zahlen findet man als Aufgangszeit $5^h\ 34^m\ 58^s$ und als Untergangszeit $6^h\ 26^m\ 2^s$.

184 Die gefundenen Zahlen geben den wahren Auf- und Untergang der Sonne an. Um die Zeit für den scheinbaren Auf- oder Untergang der Sonne zu erhalten, d. h. die Zeit des Augenblicks, wenn der Mittelpunkt der Sonne dem Beobachter wirklich im Horizont erscheint, muss noch der Einfluss der astronomischen Strahlenbrechung in Rechnung gebracht werden. Zu diesem Zwecke dient Tafel XXVII. Unter Berücksichtigung der Strahlenbrechung erhält man die Zeit des scheinbaren Auf- und Unterganges durch folgende Rechnung.

Zeit des wahren Aufganges	$5^h\ 34^m\ 58^s$
Beschl. für $4^0 38'$ Decl. u. $53^0 22'$ Breite	$3^m\ 46^s$
Zeit des scheinbaren Aufganges . . .	$5^h\ 31^m\ 12^s$
Zeit des wahren Unterganges . . .	$6^h\ 26^m\ 2^s$
Verzög. für $4^0 50'$ Decl. u. $53^0 22'$ Breite	$3^m\ 47^s$
Zeit des scheinbaren Unterganges . .	$6^h\ 29^m\ 49^s$.

III. Die Länge des Tages und der Nacht für ein gegebenes Datum zu bestimmen.

185 Die Länge des Tages oder den Tagbogen findet man, wenn man die Zeit des Unterganges mit 2 multiplicirt; die Dauer der Nacht aber erhält man durch Multiplication der Aufgangszeit mit 2. Für das voranstehende Beispiel ist demzufolge:

die Länge des wahren Tages	$= 2 \times 6^h\ 26^m\ 2^s$	$= 12^h\ 52^m\ 4^s$
„ „ des scheinb. Tages	$= 2 \times 6^h\ 29^m\ 49^s$	$= 12^h\ 59^m\ 38^s$
„ „ der wahren Nacht	$= 2 \times 5^h\ 34^m\ 58^s$	$= 11^h\ 9^m\ 56^s$
„ „ der scheinb. Nacht	$= 2 \times 5^h\ 31^m\ 12^s$	$= 11^h\ 2^m\ 24^s$.

Beispiel 2. Es ist der Tag- und Nachtbogen für die Breite 53° 22′ 10″ für den 14. December 1856 zu bestimmen. Die Declination der Sonne ist im mittleren Mittage am 14. December für Emden = S 23° 15′ 39″.

1. Man bestimmt für den gegebenen Tag die Ascensionaldifferenz durch das Diagramm. Diese ist . . . $2^h\ 21^m\ 16^s$
2. Addirt man $6^h\ 0^m\ 0^s$

und findet so die Zeit des wahren Aufganges . . . $8^h\ 21^m\ 16^s$
3. Subtrahirt man diese von $12^h\ 0^m\ 0^s$

so ist der Unterschied $3^h\ 38^m\ 44^s$

die Zeit des wahren Unterganges. Diese mit 2 multiplicirt, giebt $7^h\ 17^m\ 28^s$ als wahren Tagbogen. Durch die astronomische Strahlenbrechung wird der Aufgang um $4^m\ 58^s$ verfrüht, und der Untergang um ebensoviel verspätet, der scheinbare Aufgang findet daher um $8^h\ 16^m\ 18^s$, der scheinbare Untergang um $3^h\ 43^m\ 42^s$ statt, die Länge des scheinbaren Tages ist daher $7^h\ 27^m\ 24^s$.

IV. Für jeden Ort die Dauer des längsten Tages, oder der kürzesten Nacht zu bestimmen.

Bestimmt man die Auf- oder Untergangszeit der Sonne für 186
den Tag, an welchem die nördliche Declination derselben am grössten ist, und verfährt man darauf wie §. 185 angegeben, so erhält man, wenn der Ort auf der nördlichen Halbkugel der Erde liegt, die Dauer des längsten, wenn er auf der südlichen Erdhälfte liegt, die Dauer des kürzesten Tages. Für das Maximum der südlichen Declination ist es umgekehrt.

V. Für einen Ort, dessen Breite bekannt ist, die Auf- oder Untergangszeit eines Fixsterns oder eines Planeten zu bestimmen

Um die Zeit zu finden, um welche ein Fixstern auf- oder 187
untergeht, muss man

1. die Zeit des Meridiandurchganges des Sterns für den gegebenen Ort berechnen (§. 92).

2. Bestimmt man mittelst des Diagramms die Ascensionaldifferenz.

3. Berechnet man den halben Tagbogen.

4. Sucht man den Unterschied zwischen der Culminationszeit und dem halben Tagbogen. Diese Differenz ist die Zeit des Aufganges. Die Untergangszeit erhält man, wenn man die genannten Grössen addirt.

Beispiel. Wann geht für Emden am 25. August 1857 Menkar (α Ceti) auf?

für α Ceti ist die Culminationszeit §. 92 Beisp. 2 .	$16^h\ 37^m\ 15^s$
die Ascensionaldifferenz $= 0^h\ 19^m$	
der halbe Tagbogen $0^h\ 19^m + 6^h$	$6^h\ 19^m$
der wahre Aufgang	$10^h\ 18^m\ 15^s$
der wahre Untergang	$22^h\ 56^m\ 15^s$.

Wenn man die Zeit des scheinbaren Auf- und Unterganges haben will, so muss die darauf bezügliche Correction aus Tafel XXVII. angebracht werden.

188 Das Verfahren, die Auf- und Untergangszeit eines Planeten zu bestimmen, ist mit dem voranstehenden übereinstimmend. Die Culminationszeit der Planeten ist in den astronomischen Jahrbüchern enthalten. Um hier die Auf- und Untergangszeit völlig scharf zu erhalten, muss man auch bei ihnen die Ascensionaldifferenz zweimal bestimmen. Bei der ersten Bestimmung geht man von der in den Ephemeriden für den Tag, für welchen die Bestimmung gemacht werden soll, angegebenen Declination aus. Bei der zweiten Bestimmung legt man die Declination zum Grunde, welche der Planet für die Zeit des Auf- und Unterganges hat, welche letztere man durch die erste Bestimmung gefunden hat.

VI. Bestimmung der Zeit des Auf- und Unterganges des Mondes.

189 Das Verfahren, die Zeit zu bestimmen, um welche der Mond an einem gegebenen Tage auf- oder untergeht, stimmt im Wesentlichen mit dem Voranstehenden überein. Die zur völlig genauen

Ermittelung der Grösse, welche hier bestimmt werden soll, erforderliche Rechnung ist ziemlich weitläufig. Durch das Diagramm lässt sie sich aber aus den in den astronomischen Jahrbüchern enthaltenen Angaben bis zu einer für viele Zwecke völlig ausreichenden Näherung bestimmen.

Beispiel. Es soll die Zeit bestimmt werden, um welche der Mond am 25. Juli 1856 für Emden aufgeht.

Der Mond geht am 25. Juli 1856 durch den Meridian von Greenwich um $19^h\ 10^m\ 54^s$, durch den Meridian von Emden, welches $28^m\ 51^s$ östlicher liegt, um $4{,}54^s$ früher, also $19^h\ 10^m\ 50^s$. Die Declination des Mondes am 25. Juli 12^h (etwa 6 Stunden früher) beträgt $+20^0\ 36'$. Der mittelst des Diagramms bestimmte halbe Tagbogen ist $8^h\ 1^m\ 30^s$. Dieses von der Culminationszeit abgezogen, giebt als genäherte Aufgangszeit $11^h\ 9^m\ 20^s$. In dieser Zeit hat sich aber die Rectascension des Mondes um . . $18^m\ 30^s$
die der Sonne aber um $1^m\ 50^s$

geändert. Addirt man daher den Unterschied . . . $16^m\ 40^s$
zu der früher gefundenen Aufgangszeit $11^h\ 9^m\ 20^s$

so erhält man $11^h\ 26^m\ 0^s$
als die wahre Aufgangszeit.

VII. Für einen Ort, dessen Breite bekannt ist, die Morgen- oder Abendweite der Sonne oder eines andern Himmelskörpers zu bestimmen.

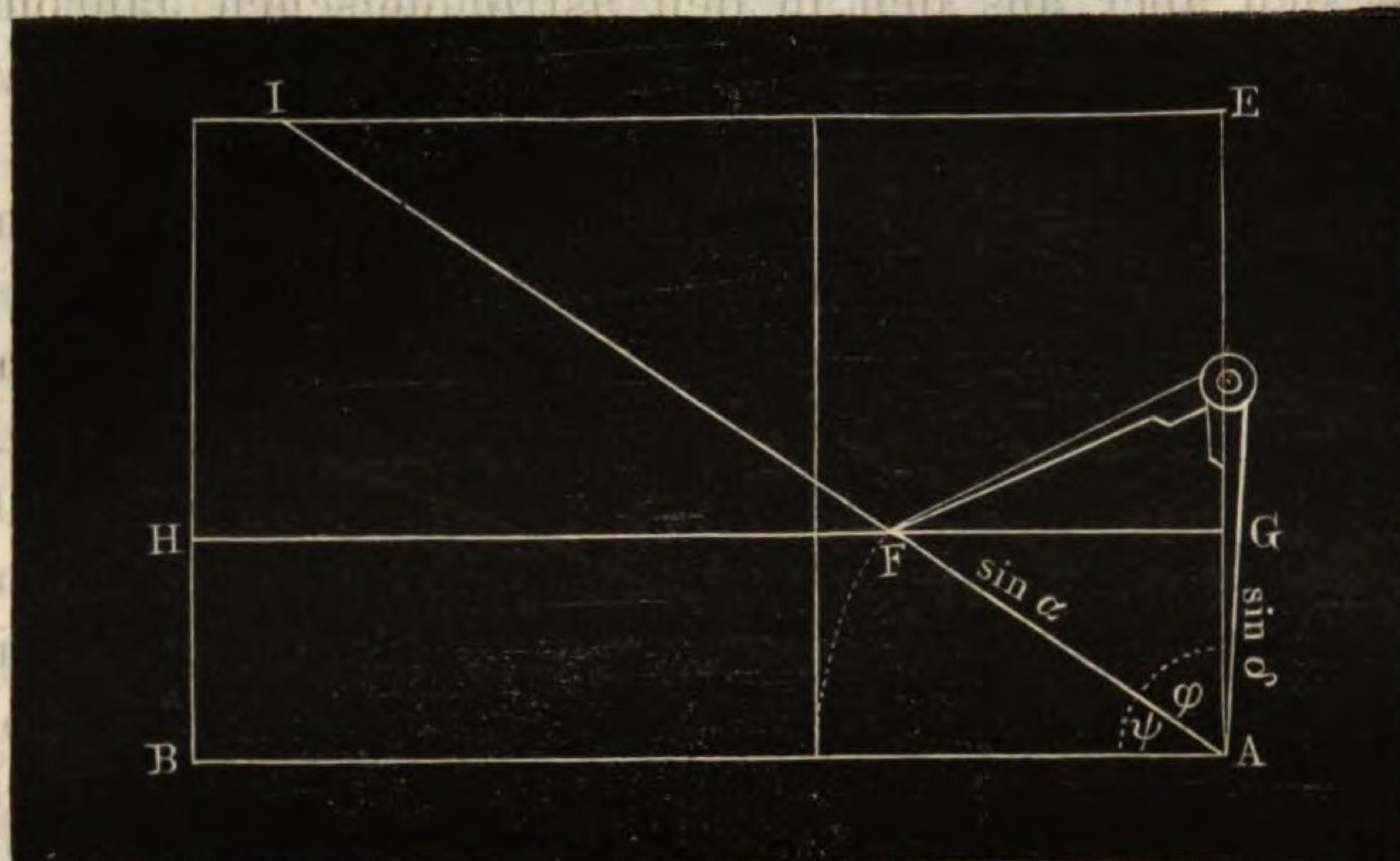
Die Amplitude wird durch das Diagramm gefunden, wenn 190
man auf demselben den Punkt *F* (Fig. 68 a. f. S.) bestimmt, in welchem die Breitenlinie *AI* von der der Declination entsprechenden Höhenlinie *GH* geschnitten wird. Ist dieser Durchschnittspunkt gefunden, so setzt man in ihn den einen Fuss eines Zirkels, öffnet ihn, bis die andere Zirkelspitze bis zum Aufgangspunkte *A* reicht und bestimmt dann auf dem Sinusmaassstabe den dieser Zirkelspannung zugehörenden Winkel. Die Amplitude ist immer gleichnamig mit der Declination.

Beispiel. Was ist die Morgenweite der Sonne unter $53^0\ 22'$ nördlicher Breite, wenn ihre Declination $+ 23^0\ 27'$ ist?

1. Man ziehe die der Breite $53^0\ 22'$ zugehörige Breitenlinie *AI*.

2. Man mache AG und $BH = sin.\ 23^0\ 27'$ und ziehe die Linie GH.

Fig. 68.



Amplitude.

$$sin.\ \alpha = \frac{sin\ \delta}{sin.\ \psi}.$$

3. AF auf dem Sinusmaassstabe gemessen, giebt die gesuchte Amplitude $= 41^0\ 50'$.

191 Um die Amplitude genau zu erhalten, muss man die Declination der Sonne für die Zeit des Auf- und Unterganges ableiten. Wenn die Auf- oder Untergangszeit nicht anderweitig bekannt ist, so bestimmt man sie durch das Diagramm (§. 182).

Wenn ausserdem der Längenunterschied zwischen dem Orte, für welchen die Morgen- oder Abendweite bestimmt werden soll, und Greenwich bedeutend ist, so muss die Aenderung der Declination auch in Beziehung auf diesen Längenunterschied berücksichtigt werden.

Bestimmt man die Amplitude zu dem Zwecke, um aus ihr die Abweichung der Magnetnadel abzuleiten, so muss, nachdem man die wahre Amplitude gefunden hat, diese auf die scheinbare zurückgeführt werden. Zu diesem Zwecke bedient man sich der Tafel XXVIII.

Für das Beispiel §. 190 ergab sich als wahre Amplitude:

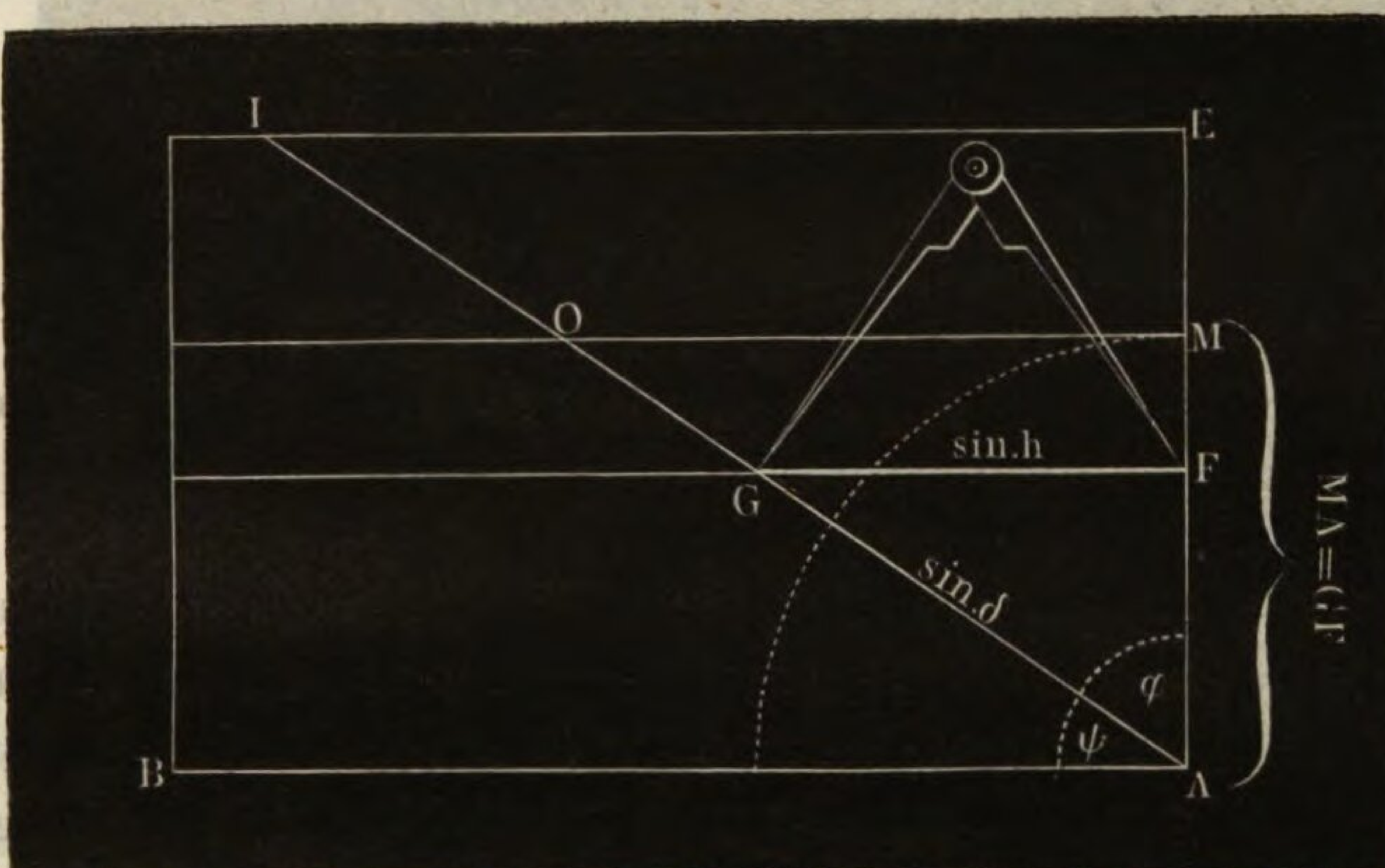
	$41^0\ 50'$
für 53^0 Breite u. 23^0 Declination (Taf. XXVIII.)	$+\ 55'$
für $22'$ Breite	$+\ 1'$
für $27'$ Declination	$+\ 1'$
Scheinbare Amplitude	$42^0\ 47'$.

VIII. Die Höhe der Sonne, oder eines andern Gestirns, zu bestimmen, wenn sie sich im Sechsuhrkreise befinden.

Um für einen Ort, dessen Breite bekannt ist, die Höhe eines Gestirns zu bestimmen, wenn sich letzteres im Sechsuhrkreise befindet, muss man: 192

1. Die Breitenlinie AI (Fig. 69) ziehen.

Fig. 69.



Höhe im Sechsuhrkreise.
$\sin. h = \sin. \varphi \sin. \delta.$

2. Die dem Sinus der Declination zugehörige Länge auf dem Sinusmaassstabe in den Zirkel fassen und dann auf der Breitenlinie den Punkt G so bestimmen, dass sein Abstand von A jener Länge des Sinus der Declination gleich wird.

3. Der Abstand des Punktes G von der Randlinie AE, d. i. GF, ist der als lineare Grösse ausgedrückte Sinus der zu bestimmenden Höhe. Geht man daher mit GA in den Sinusmaassstab und bestimmt man die dieser Länge entsprechenden Grade und Minuten, so erhält man dadurch die gesuchte Grösse.

Beispiel. Man will die Höhe der Sonne wissen, wenn sie sich am 28. Mai 1857 im Sechsuhrkreise befindet. Die Breite des Ortes, für welchen die Höhe bestimmt werden soll, ist 23° 22′, die Länge 28ᵐ 52ˢ östlich von Greenwich.

Declination der Sonne am 28. Mai $0^h = +21^0\ 30'\ 8''$
Stündliche Bewegung $= 23{,}5''$
Für 6 Stunden $6 \times 23{,}5$ $2'\ 21''$

Declination der Sonne, Mai 27. 18^h . $=$ $21^0\ 27'\ 47''$
Declination der Sonne, Mai 28. 6^h . $=$ $21^0\ 32'\ 29''$.

Daraus ergiebt sich für die Breite $53^0\ 22'$ auf die oben angegebene Weise die gesuchte Höhe

für den Morgen . . $= 17^0\ 4'$
für den Nachmittag. $= 17^0\ 8'$.

193 Das Verfahren, welches man anwenden muss, um mittelst des Diagramms die Höhe der Fixsterne oder Planeten zu bestimmen, wenn sie sich im Sechsuhrkreise eines gegebenen Ortes befinden, stimmt genau mit dem obigen überein.

Dem Verfahren liegt die Formel zum Grunde:

$$\sin. h = \sin. \varphi \sin. \delta.$$

IX. Den Sechsuhrpunkt auf dem Projectionsnetze zu bestimmen.

194 Bei Bestimmung der Zeit durch die gemessene Höhe der Sonne mittelst des Diagramms, von welcher weiter unten die Rede sein wird, kann man entweder von dem Culminationspunkte (§. 176), oder auch von dem Punkte auf der Breitenlinie ausgehen, in welchem letztere von der der Höhe der Sonne im Sechsuhrkreise angehörenden Höhenlinie durchkreuzt wird. Wir wollen diesen letztern Punkt den Sechsuhrpunkt nennen. Um ihn auf dem Projectionsnetze zu bestimmen, kann man auf zweifache Weise verfahren.

Erstes Verfahren. Man fasse (Fig. 69) die Länge von $GF = \sin. h$ in den Zirkel und trage diese von A nach M hin ab. Der Punkt O, in welchem die durch M gehende Höhenlinie die Breitenlinie AI schneidet, ist der Sechsuhrpunkt.

Zweites Verfahren. Auf andere Weise bestimmt man den Sechsuhrpunkt auf dem Projectionsnetze, wenn man die Ascensionaldifferenz bestimmt (§. 179), diese in den Zirkel fasst und, von A ausgehend, auf der Breitenlinie nach VI. (Fig. 67) abträgt.

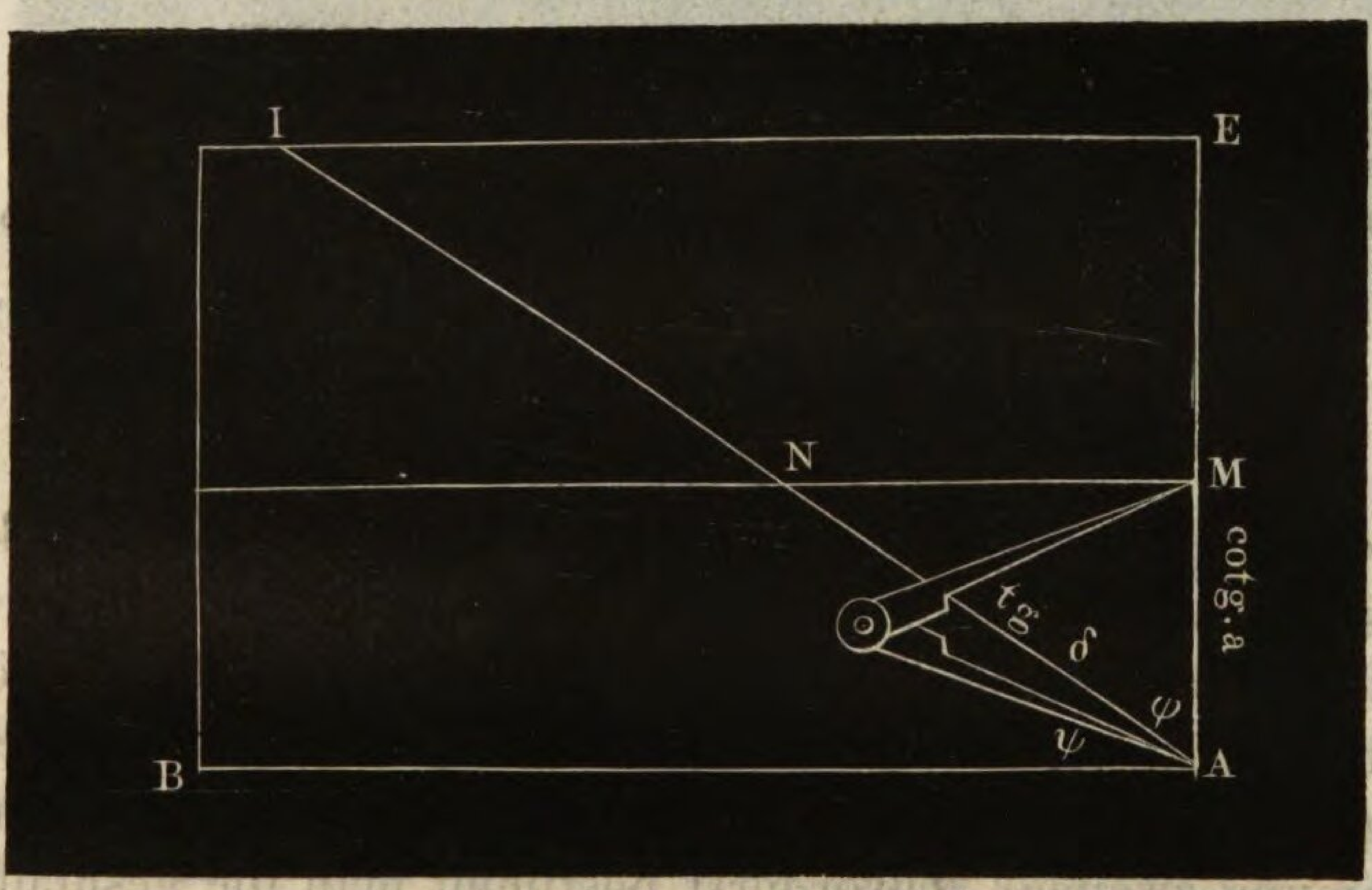
Welche von diesen Methoden man zur Bestimmung des Sechsuhrpunktes anwendet, ist gleichgültig, doch dürfte das zweite das Einfachere sein. Hat man den Sechsuhrpunkt nach der einen

Methode bestimmt, so kann man sich durch die andere vergewissern, dass man keinen Fehler gemacht hat.

X. Das Azimuth eines Gestirns zu bestimmen, wenn sich letzteres im Sechsuhrkreise befindet.

Um das Azimuth eines Gestirns zu bestimmen, wenn sich 195
dasselbe im Sechsuhrkreise befindet, fasse man die der Tangente der Declination δ angehörende Länge in den Zirkel und trage diese von A (Fig. 70) aus auf der Breitenlinie AI nach N hin ab.

Fig. 70.



Azimuth im Sechsuhrkreise.

$cotg.\ a = tg.\ \delta\ cos.\ \varphi.$

Der Abstand des Punktes M, in welchem die durch N gehende Höhenlinie mit der Randlinie AE zusammentrifft, von A, d. i. AM auf dem Tangentenmaassstabe gemessen, ergiebt die Ergänzung des gesuchten Azimuths zu 90^0.

Beispiel. Es soll das Azimuth der Sonne bestimmt werden, wenn sich dieselbe am 5. August 1857 auf dem Sechsuhrkreise befindet. Die Breite des Ortes, für welchen die Bestimmung geschehen soll, sei $53^0\ 22'$, seine Länge $28^m\ 52^s$ östl. von Greenwich.

1857 August 5. 0^h Declination der Sonne $= + 16^0\ 56'\ 19''$

Stündliche Bewegung $= 41{,}1''$

Für 6 Stunden $6 \times 41{,}1''$	$4'\ 6''$
Declination der Sonne $4^d\ 18^h$	$17^0\ 0'\ 25''$
Declination der Sonne $5^d\ 6^h$	$16^0\ 52'\ 13''$.

Daraus ergiebt sich auf die angegebene Weise mittelst des Diagramms:

Azimuth der Sonne Morgens . . $79^{0}\ 38'$
Azimuth der Sonne Nachmittags $79^{0}\ 44'$.

Das hier bei der Auflösung der Aufgabe durch das Diagramm befolgte Verfahren stimmt mit dem überein, wenn man das Azimuth nach der Formel

$$\begin{aligned} cotg.\ a &= tg.\ \delta\ sin.\ \psi \\ &= tg.\ \delta\ cos.\ \varphi \end{aligned}$$

berechnet.

XI. Die Zeit zu bestimmen, wenn sich die Sonne, oder ein anderes Gestirn, im ersten Vertical befindet.

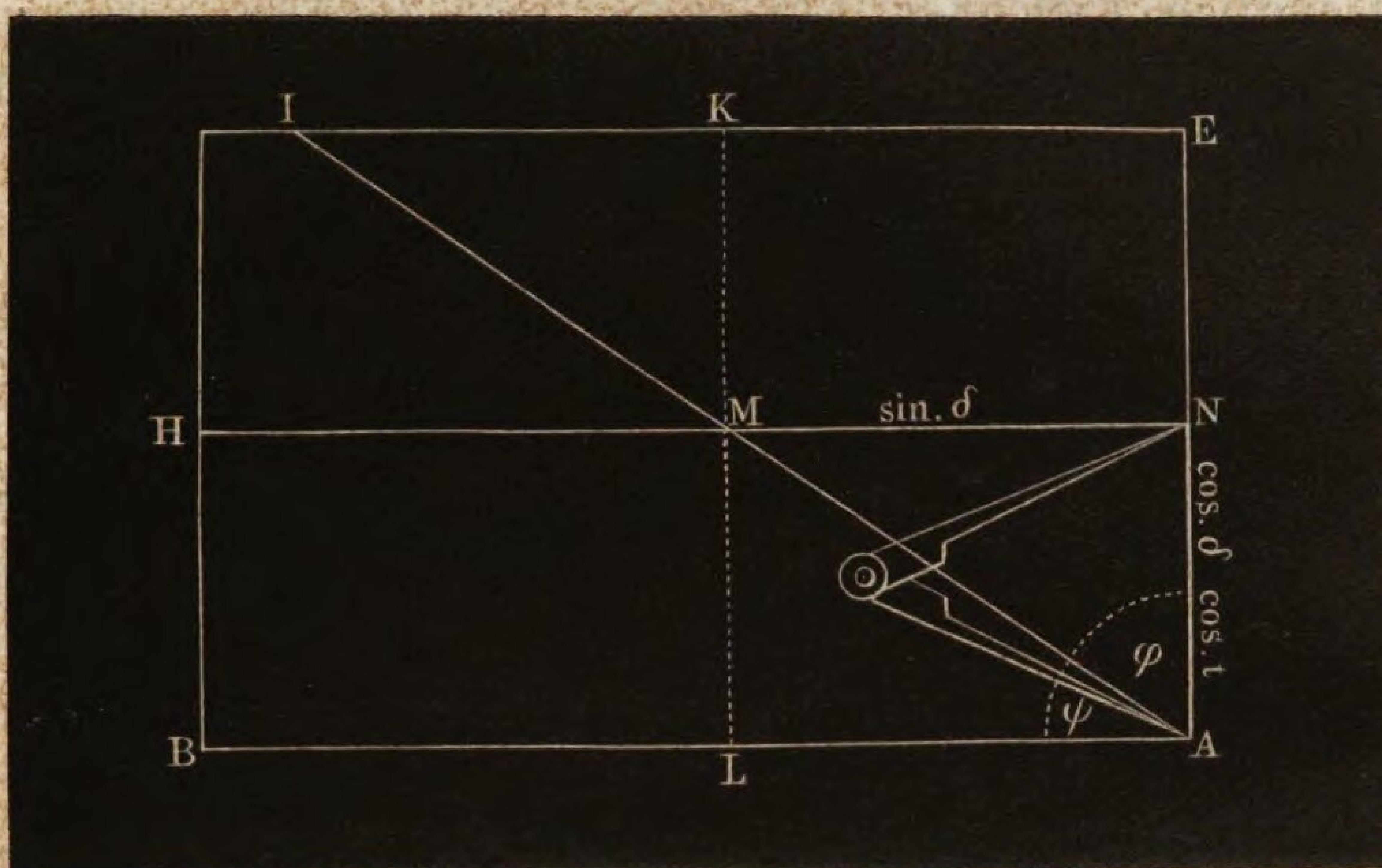
196 Bei Bestimmung der Zeit, zu welcher sich ein Himmelskörper im ersten Vertical befindet, wird seine Declination als bekannt vorausgesetzt. Um die Declination genau bestimmen zu können, muss man andererseits die Zeit schon kennen. Um aus der hier vorliegenden Unbestimmtheit herauszukommen, macht man die Bestimmung zweimal. Zuvörderst bestimmt man die gesuchte Zeit näherungsweise, wobei man die Declination der Sonne, welche sie am Mittage des gegebenen Tages hat, zum Grunde legt. Man erhält hierdurch die gesuchte Zeit angenähert. Für letztere bestimmt man dann die Declination der Sonne und leitet aus dieser zum zweiten Male die gesuchte Zeit ab.

Wie sich aus den weiter unten folgenden Betrachtungen ergeben wird, so ist zu den Beobachtungen, welche man anstellt, um den Stand und Gang der Uhren zu prüfen, die Zeit am geeignetsten, um welche sich die Sonne im ersten Vertical befindet. Für diesen Zweck reicht jene erstere Bestimmung schon aus.

Das Verfahren selbst, wie man die Zeit bestimmt, wenn sich die Sonne im ersten Vertical befindet, besteht höchst einfach darin, dass man auf der Breitenlinie den Punkt bestimmt, welcher

vom rechten Rande des Netzes AE (Fig. 71) einen dem Sinus der Declination gleichen Abstand hat. Um diesen Punkt zu finden,

Fig. 71.



Stundenwinkel im ersten Vertical.

$cos.\ t = tg.\ \delta\ tg.\ \psi.$

fasst man die dem *sin.* δ entsprechende Länge auf dem Sinusmaassstabe in den Zirkel, trägt diese von E nach K, und von A nach L hin ab, legt an K und L ein Lineal und bemerkt auf der Breitenlinie AM den Punkt M, in welchem sie von KL geschnitten wird. Der Punkt M ist der gesuchte Punkt. Fasst man nun LM oder NA in den Zirkel, und bestimmt man mittelst des Zeitmaassstabes, auf der zur Declination gehörenden Linie, die Zeit, wobei man von der untern wagrechten, durch VI^h gezogenen Linie ausgeht, so erhält man hierdurch die gesuchte Grösse.

Beispiel. Was ist die wahre Zeit, wenn sich die Sonne am 26. Mai 1857 unter $50^0\ 32'$ Breite und 30^0 Ostlänge im ersten Vertical befindet?

Ortszeit Mai 26.	$0^h\ 0^m$
Ab für 30^0 Ostlänge . . .	$2^h\ 0^m$
Zeit zu Greenwich Mai 25.	$22^h\ 0^m$.

Declination der Sonne im mittleren Mittag zu
Greenwich Mai 26. 0^h $+ 21^0\ 10'\ 23''$
Stündliche Bewegung 25,4.
für 2 Stunden $2 \times 25,4$ $50,8''$

Decl. am Orte der Beobachtung im mittl. Mittag $+ 21^0\ 9'\ 32''$.

Fasst man die dem Sinus der Declination $+ 21^0\ 9'\ 32''$ entsprechende Länge auf dem Sinusmaassstabe in den Zirkel, bestimmt dann auf die eben angegebene Weise die Punkte K, L, M und drückt endlich LM oder AN, indem man die Länge dieser Linie auf der der Declination $21^0\ 9'\ 32''$ angehörenden Linie auf dem Zeitmaassstabe misst, in Zeit aus, so erhält man $4^h\ 45^m\ 40^s$. Die Sonne befindet sich also $4^h\ 45^m\ 40^s$ Nachmittags oder $7^h\ 14^m\ 20^s$ Morgens auf dem ersten Vertical. Um diese Zeit werden am zweckmässigsten die zum Behuf der Prüfung des Standes der Uhr anzustellenden Höhenmessungen gemacht.

197 Ist es erforderlich, dass die Zeit, um welche sich der Mittelpunkt der Sonne im ersten Vertical befindet, sehr genau bestimmt wird, so leitet man zuvörderst die Declination für $7^h\ 14^m\ 20^s$ *A. M.* und $4^h\ 45^m\ 40^s$ *P. M.* ab und rechnet dann nach der Formel

$$\cos t = tg\, \delta\ cotg\, \varphi.$$

Wenn man zur Greenwicher Zeit $22^h\ 0^m\ 0^s$ die $4^h\ 45^m\ 40^s$ addirt, dann aber auch davon subtrahirt, so erhält man im ersten Falle, Mai 26, $2^h\ 45^m\ 40^s$, im zweiten, Mai 25, $17^h\ 14^m\ 20^s$. Für Mai 26, $2^h\ 45^m\ 40^s$ ergiebt sich die Declination der Sonne $+ 21^0\ 11'\ 33''$; für Mai 25, $17^h\ 14^m\ 20^s$ aber $21^0\ 7'\ 15''$.

Die Zeit findet man dann durch folgende Rechnung:

$$\begin{aligned} \varphi &= 50^0\ 32' \quad \log.\ cotg. = 9{,}91559 \\ \delta &= 21^0\ 11{,}5 \quad \log.\ tg. = 9{,}58864 \\ \hline &\log.\ \cos.\ t = 9{,}50423 \\ &t = 4^h\ 45^m\ 31^s. \end{aligned}$$

Um die Zeit zu erhalten, um welche sich die Sonne Vormittags im ersten Vertical befindet, setzt man $\delta = 21^0\ 7{,}25'$ und erhält:

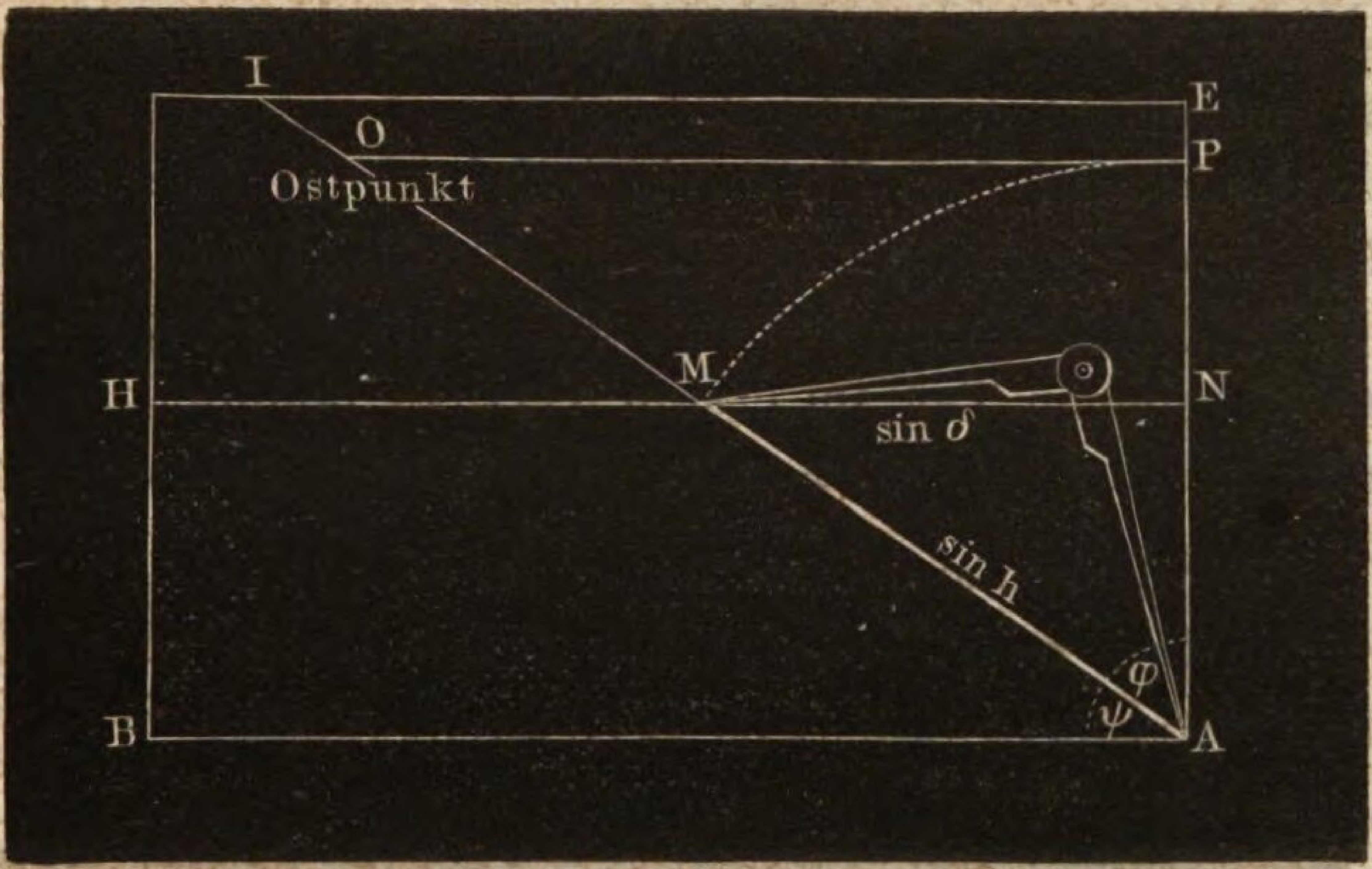
$$\begin{aligned} \varphi &= 50^0\ 32' \quad \log.\ cotg. = 9{,}91559 \\ \delta &= 21^0\ 7{,}25' \quad \log.\ tg. = 9{,}58689 \\ \hline &\log.\ \cos.\ t = 9{,}50248 \\ &t = 4^h\ 45^m\ 47^s \\ &\text{ab von . . } 11^h\ 59^m\ 60^s \\ \hline &\text{Mai 26 . . } 7^h\ 14^m\ 13^s \\ &\text{oder Mai 25 } 19^h\ 14^m\ 13^s. \end{aligned}$$

XII. Die Höhe eines Gestirns zu bestimmen, wenn es sich im ersten Vertical befindet, d. h. wenn es genau Ost, oder West steht.

a. Bestimmung der Höhe.

Das Verfahren, um mittelst des Diagramms die Höhe zu be- 198
stimmen, welche ein Gestirn hat, wenn sich sein Mittelpunkt auf dem ersten Vertical befindet, stimmt mit dem, um die Zeit zu bestimmen, in vielen Stücken überein. Auch hier muss zuvörderst der Punkt M (Fig. 72) bestimmt werden.

Fig. 72.



Höhe im ersten Vertical.

$$\sin. h = \frac{\sin. \delta}{\sin. \varphi}.$$

Nachdem M (Fig. 72) bestimmt ist, fasst man MA in den Zirkel und bestimmt den dieser Länge als Sinus zugehörenden Winkel auf dem Sinusmaassstabe. Durch letztern erhält man die gesuchte Höhe.

Beispiel 1. Welche Höhe hat die Sonne, wenn sie sich am 23. April 1857 zu Greenwich, dessen Breite 51° 28′ 38,2″ ist, im ersten Vertical befindet?

Die Declination der Sonne ist im mittlern Mittage am 23. April 1857 zu Greenwich + 12° 36′ 36″. Geht man von dieser Zahl aus, so findet man durch Messung auf dem Diagramm, auf die angegebene Weise, dass die Höhe der Sonne = 16° 12′ ist.

Dieser Bestimmungsweise liegt, wie der Ableitung der Höhe durch Rechnung die Formel

$$sin. h = \frac{sin. \delta}{sin. \varphi}$$

zum Grunde.

Beispiel 2. Welche Höhe hat die Sonne, wenn sie sich am 26. Mai 1857 unter 50° 32′ Breite und 30° Ostlänge im ersten Vertical befindet?

Die Declination der Sonne für den mittlern Mittag am Orte der Beobachtung ist + 21° 9′ 32″ (vergl. §. 196), demgemäss findet man die gesuchte Höhe = 27° 52′.

Geht man hingegen von der Declination aus, welche die Sonne am Vormittage des gegebenen Tages hat und welche, nach §. 196, 21° 7′ 15″ ist, so findet man h = 27° 49′.

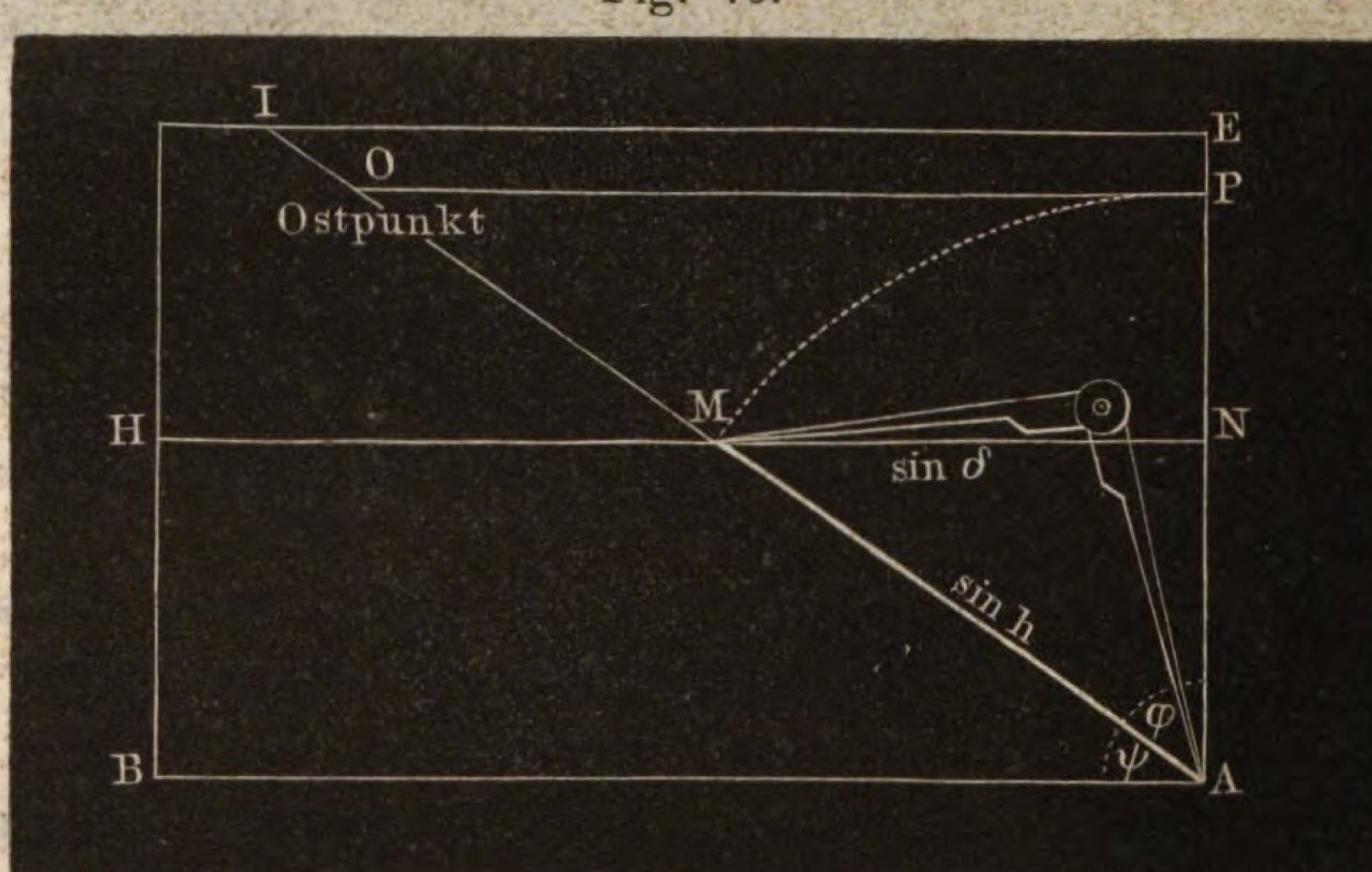
Der Declination 21° 11′ 33″, welche die Sonne am Nachmittage hat, entspricht die Höhe 27° 55′.

199 Den Punkt auf dem Netze, in welchem die Breitenlinie von der Höhenlinie geschnitten wird, die der Höhe der Sonne angehört, welche letztere hat, wenn sie sich an einem gegebenen Orte für einen gegebenen Tag im ersten Vertical befindet, wollen wir im Folgenden kurz den Ost- oder Westpunkt nennen.

b. Bestimmung des Ost- oder Westpunktes.

Um den Ost- oder Westpunkt auf dem Netze zu bestimmen, trägt man die Länge AM (Fig. 73), durch welche die Höhe be-

Fig. 73.



Höhe im ersten Vertical.

$$sin. h = \frac{sin. \delta}{sin. \varphi}.$$

stimmt wird, welche ein Himmelskörper hat, wenn er sich im ersten Vertical befindet, von *A* aus auf der Linie *AE* nach *P* ab und zieht durch *P* die Höhenlinie *PO*. Der Punkt *O*, in welchem diese mit der Breitenlinie *AH* zusammentrifft, ist der gesuchte Ost- oder Westpunkt.

Dieser Ost- oder Westpunkt kommt weiter unten bei Bestimmung des Azimuths zur Anwendung.

XIII. Aus der beobachteten Höhe der Sonne die wahre und mittlere Zeit für den Augenblick der Beobachtung abzuleiten.

Das Verfahren, welches man anwendet, um aus der beobach- 200
teten Höhe der Sonne die wahre Zeit mittelst des astronomischen Diagramms zu bestimmen, soll durch Auflösung des folgenden Beispiels gezeigt werden.

Beispiel. 1850, Mai 31, $3^h\ 51^m\ 6^s$ *P.M.* wurde zu Emden unter $53^0\ 22'\ 10''$ Breite die wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne $= 35^0\ 59'\ 37''$ gefunden. Man sucht die wahre und mittlere Zeit für den Augenblick der Beobachtung. Zuvörderst bestimmt man:

Die Aequatorhöhe	$= 90^0 - \varphi = 36^0\ 37'\ 50''$
Die Declination für Mai 31, $3^h\ 51^m$	$= +\ 21^0\ 55'\ 50''$
Höhe des Culminationspunktes	$= 58^0\ 33'\ 40''$
Wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne . .	$= 35^0\ 59'\ 37''$.

Auflösung. Erstes Verfahren.

1. Man zieht auf dem Netze die der Breite $53^0\ 22'\ 10''$ entsprechende Linie *AI* (Fig. 74, a. f. S.). Auf dieser bestimmt man dann

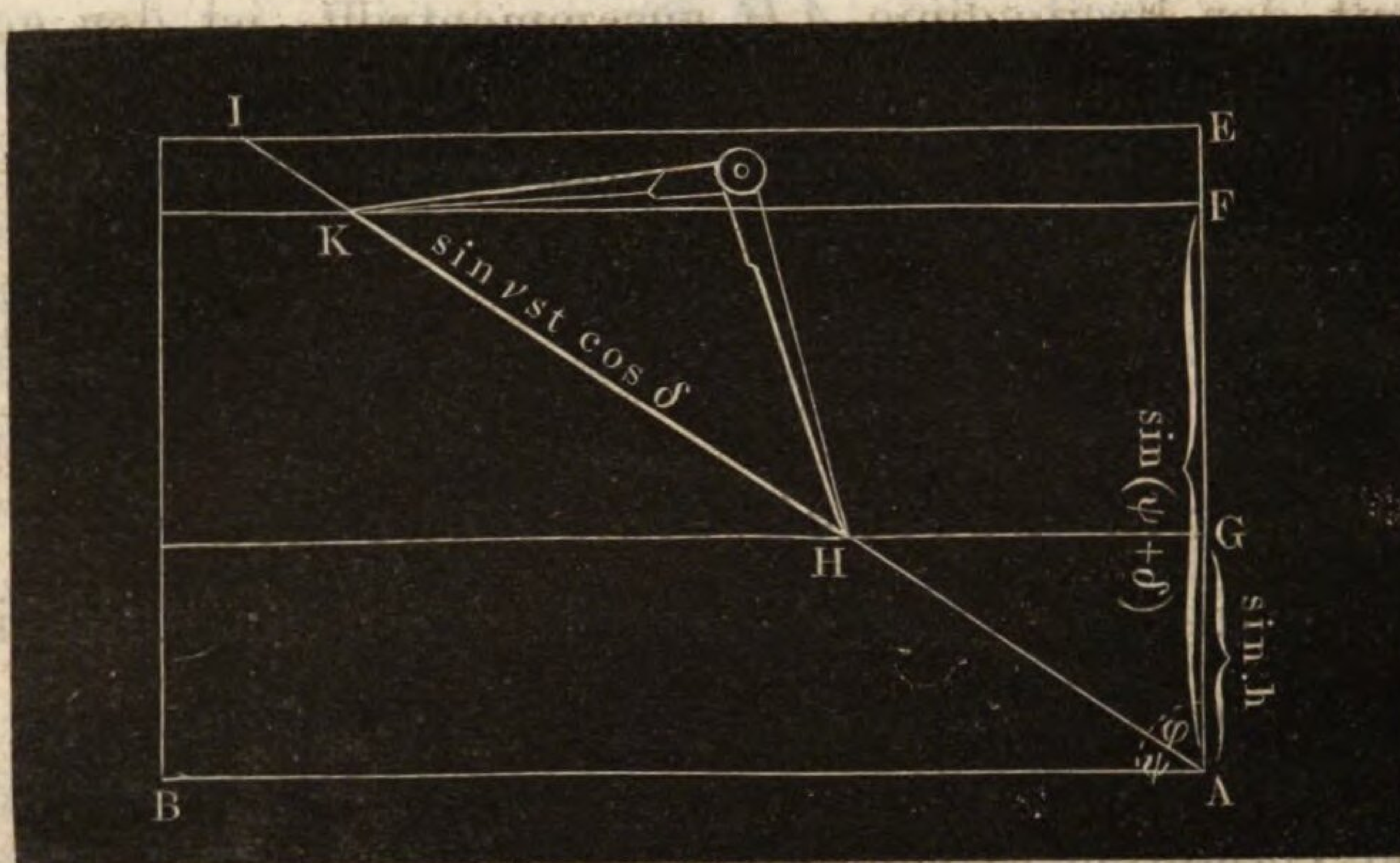
2. den Culminationspunkt *K*, indem man die $58^0\ 33'\ 40''$ entsprechende Höhenlinie *FK* zieht. Ferner bestimmt man auf der Breitenlinie

3. den Höhenpunkt *H*, indem man die der Höhe $35^0\ 59'\ 37''$ angehörende Linie *HG* zieht.

4. Fasst man die zwischen *K* und *H* liegende Länge in den Zirkel und geht mit dieser Zirkelöffnung in den Zeitmaassstab. Setzt man hier auf die Linie für die Declination $21^0\ 55'\ 50''$ den

einen Zirkelfuss oben auf die schräge, von XII^h ausgehende Linie, so reicht die andere bis zu dem Punkte, durch welchen man die

Fig. 74.



Bestimmung der Zeit 1.

$$sin. vers.\ t\ cos.\ \delta = \frac{sin.\ (\psi + \delta) - sin.\ h}{cos.\ \varphi}.$$

wahre Zeit erhält. Für letztere findet man im vorliegenden Falle 3^h 54^m 35^s.

Um nun noch die mittlere Zeit zu erhalten, muss man zur wahren Zeit die Zeitgleichung hinzulegen. Die Zeitgleichung betrug zur Zeit der Beobachtung — 2^m 41^s. Demgemäss ist das Ergebniss:

Wahre Zeit	3^h 54^m 35^s
Zeitgleichung	2^m 41
Mittlere Zeit	3^h 51^m 54^s
Die Uhr zeigte	3^h 51^m 6^s
Die Uhr war also gegen mittlere Zeit zurück	48^s.

Zweites Verfahren. Nachdem die Breitenlinie AI (Fig. 75) gezogen ist, bestimmt man auf derselben:

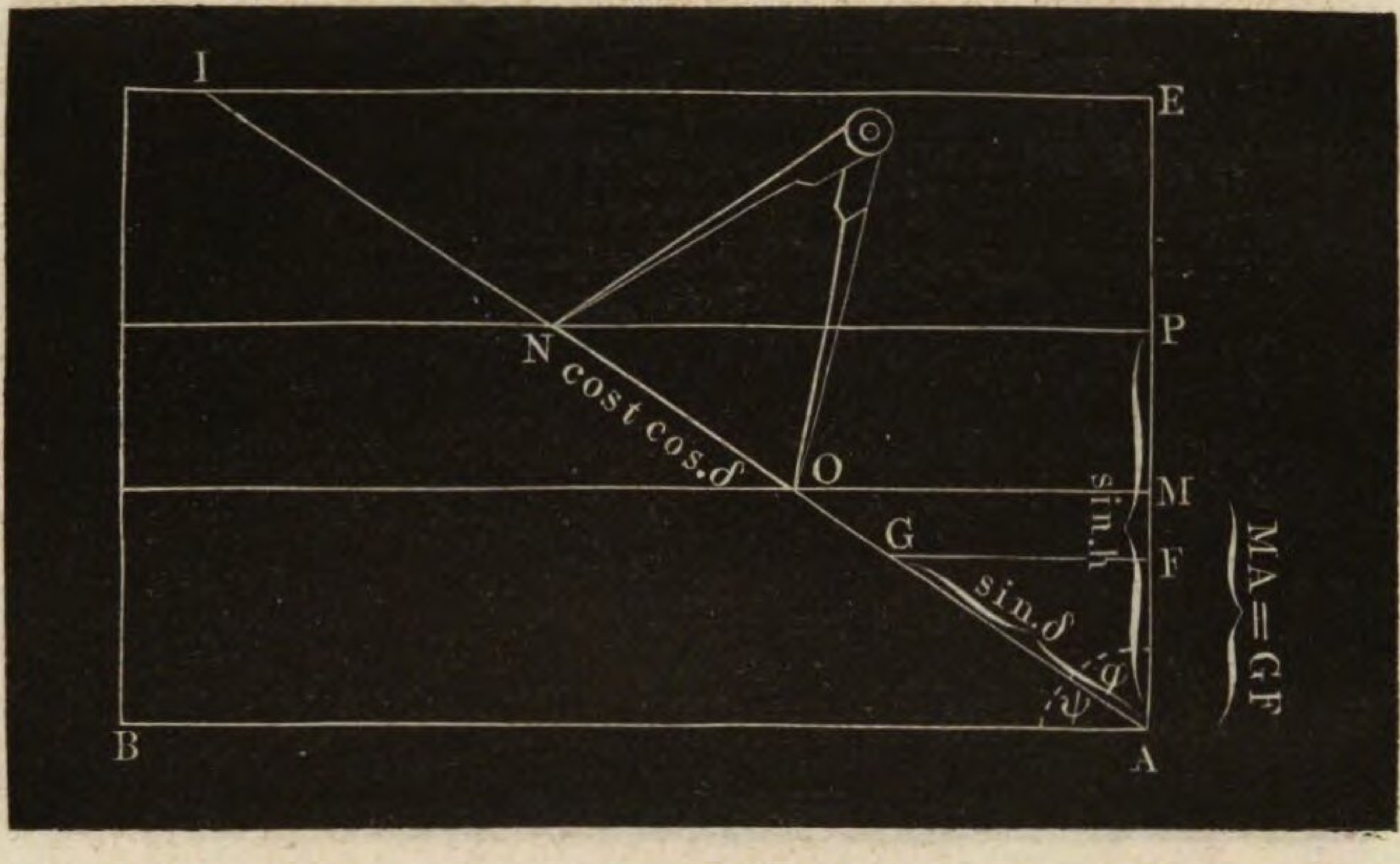
1. den Sechsuhrpunkt O (§. 194),

2. den der Höhe 35° 39′ 37″ angehörenden Höhenpunkt N.

3. Fasse man den Abstand NO in den Zirkel und gehe mit dieser Zirkelspannung in den Zeitmaassstab. Nachdem man auf demselben die Linie für die Declination 21° 55′ 50″ bestimmt hat, misst man auf dieser die Länge NO, wobei man von der untern mit VI^h bezeichneten Linie ausgeht. Setzt man den einen

Zirkelfuss in den, auf der untern durch VI^h gehenden horizontalen Linie liegenden Endpunkt der Linie für die Declination, so reicht der andere bis zu dem Punkte für $3^h\ 54^m\ 35^s$.

Fig. 75.



Bestimmung der Zeit 2.

$$cos.\ t\ cos.\ \delta = \frac{sin.\ h - sin.\ \varphi\ sin.\ \delta}{cos.\ \varphi}.$$

Das erste Verfahren, welches angewandt wurde, um aus der **201**
Breite φ, der Höhe h und der Declination δ mittelst des Diagramms die Zeit t zu bestimmen, gründet sich auf die Formel (§. 50).

$$sin.\ vers.\ t = \frac{cos.\ (\varphi \mp \delta) - sin.\ h}{cos.\ \varphi\ cos.\ \delta}.$$

Giebt man dieser Gleichung die Form:

$$sin.\ vers.\ t\ cos.\ \delta = \frac{cos.\ (\varphi \mp \delta) - sin.\ h}{cos.\ \varphi},$$

so entspricht dem Werthe des Ausdrucks auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens eine Länge, welche auf der Breitenlinie liegt und welche einerseits durch den Culminationspunkt, andererseits durch den Höhenpunkt begrenzt wird. Der Werth für $cos.\ \delta\ sin.\ vers.\ t$ findet sich aber auf dem Zeitmaassstabe.

Es ist in Figur 74 $AF = sin.\,(90 - \varphi \pm \delta)$, $AG = sin.\,h$ und Winkel $KAF = \varphi$. Die durch G und F gezogenen Parallelen schneiden von AI das Stück KH ab und dieses ist offenbar gleich

$$\frac{cos.\ (\varphi \mp \delta) - sin.\ h}{cos.\ \varphi}.$$

Sucht man aber die Länge KH an der gehörigen Stelle auf dem Zeitmaassstabe auf, so erhält man dadurch nach §. 172:

$$\cos.\delta \sin.vers.t.$$

202 Dem zweiten Verfahren liegt die Formel §. 49

$$\cos.t = \frac{\sin.h - \sin.\varphi \sin.\delta}{\cos.\varphi \cos.\delta}$$

zum Grunde. Es ist nach dieser Formel

$$\cos.\delta \cos.t = \frac{\sin.h - \sin.\varphi \sin.\delta}{\cos.\varphi}.$$

Nach Fig. 75 ist

$$NO = AN - AO.$$

Im Dreiecke ANP ist

$$AN = \frac{\sin.h}{\cos.\varphi},$$

ferner ist O der Sechsuhrpunkt, folglich

$$AO = \sin.\delta\, tg.\varphi,$$

und

$$NO = \frac{\sin.h - \sin.\delta \sin.\varphi}{\cos.\varphi}.$$

Vergleicht man diese Formel mit der obigen, so ergiebt sich, dass

$$NO = \cos.\delta \cos.t.$$

Den in Zahlen ausgedrückten Werth von NO aber findet man an der bezeichneten Stelle auf dem Zeitmaassstabe.

XIV. Für einen Ort von gegebener Breite die Höhe eines Gestirns aus der Declination und dem Stundenwinkel des letztern zu bestimmen.

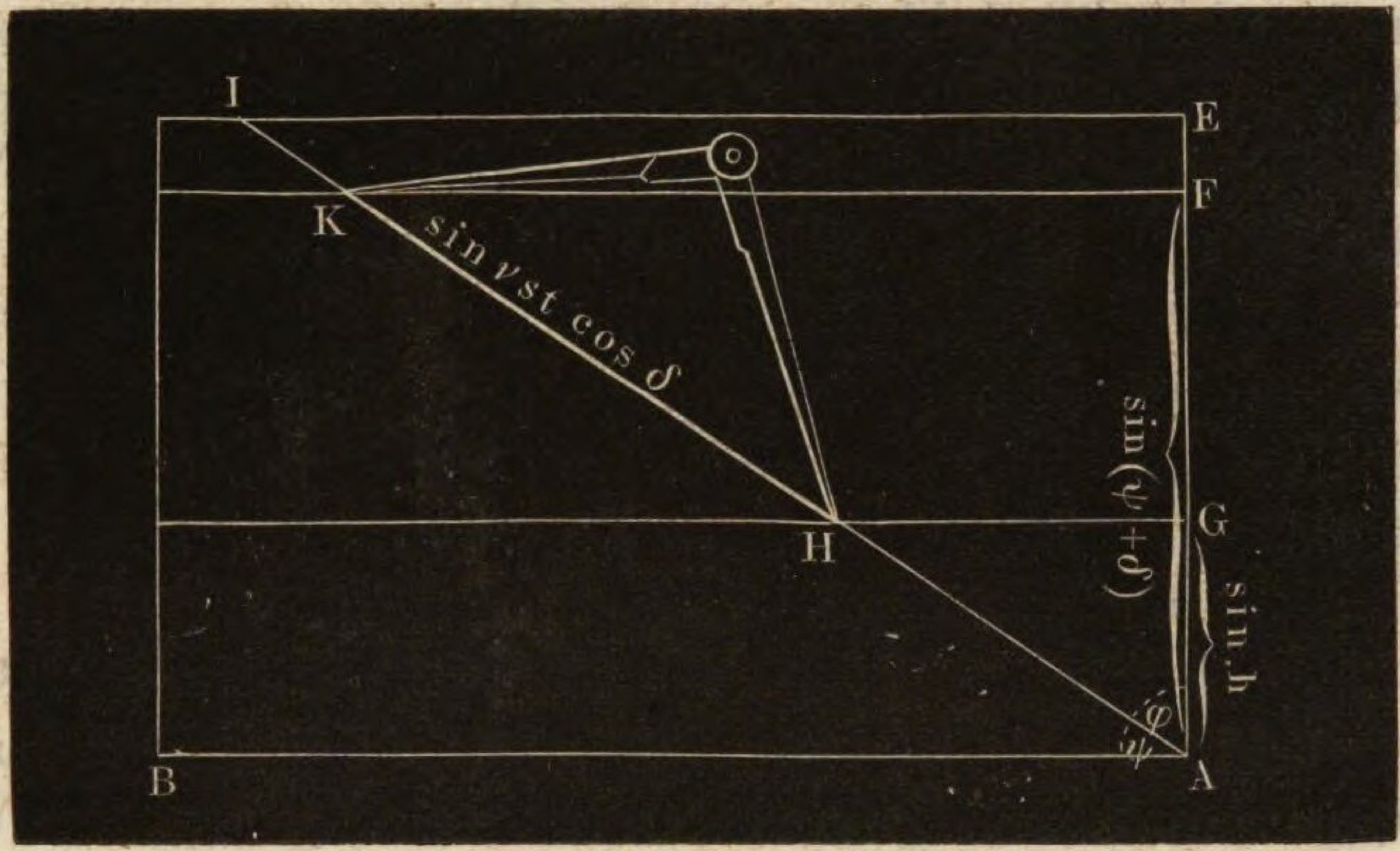
Erstes Verfahren.

203 1. Man berechnet die Culminationshöhe und bestimmt auf dem Netze mit der Breitenlinie AI (Fig. 76) den Culminationspunkt K.

2. Fasst man auf der der Declination entsprechenden Linie des Zeitmaassstabes den Sinus versus des Stundenwinkels in den Zirkel und trägt diesen auf der Breitenlinie vom Culminations-

punkte K aus nach A hin ab. Der Punkt H, bis zu welchem hierbei die zweite Zirkelspitze reicht, liegt auf der zu bestimmenden Höhenlinie, durch diese aber ist die Höhe bestimmt.

Fig. 76.

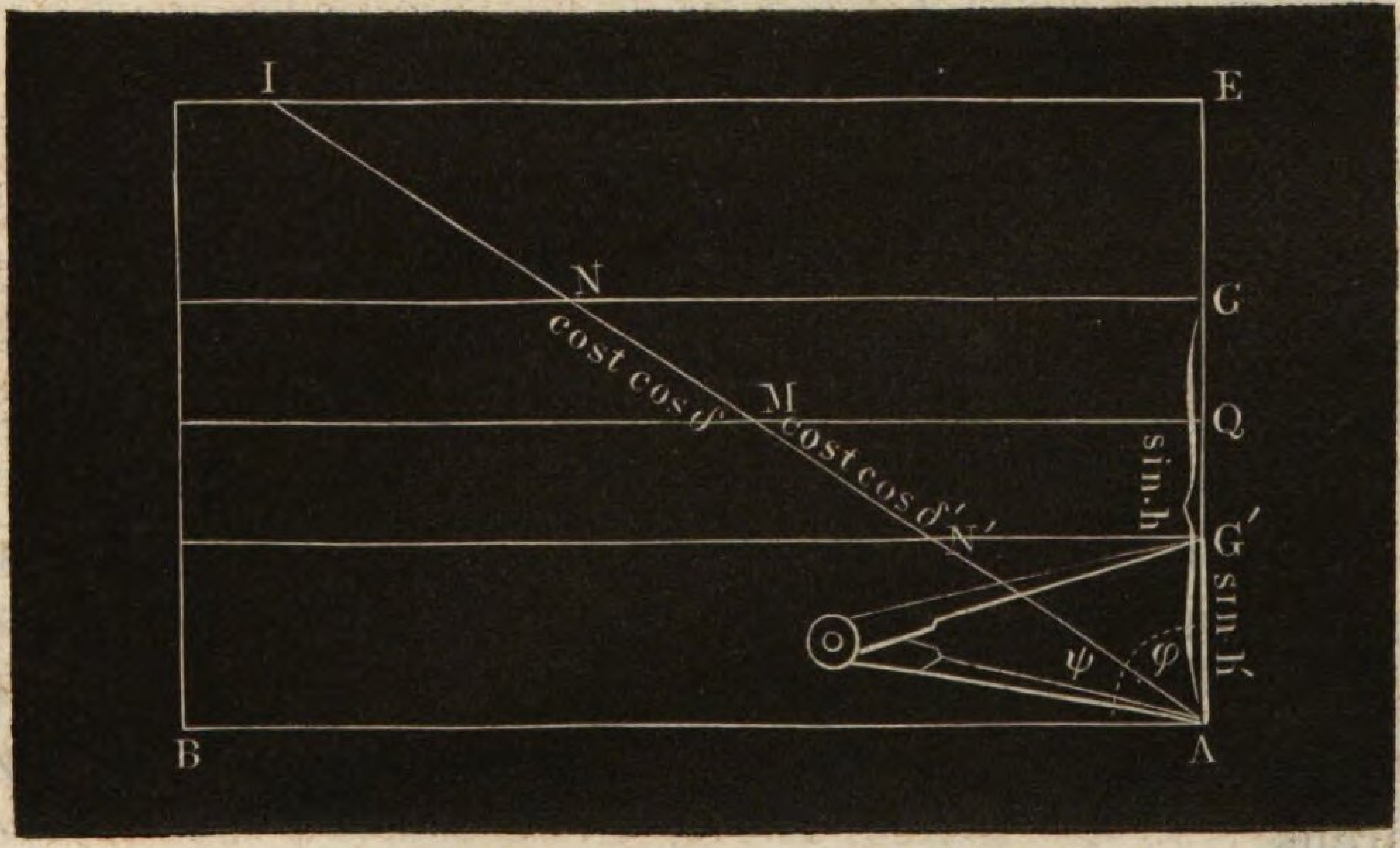


Bestimmung der Höhe für gegebene Zeit 1.
$sin.\ h = sin.\ (\psi + \delta) - sin.\ vers.\ t\ cos.\ \delta\ cos.\ \varphi.$

Zweites Verfahren. Das folgende Verfahren wendet man mit Vortheil an, wenn die Declination und Breite gleichnamig sind. In diesem Falle bestimmt man

1. den Sechsuhrpunkt M (Fig. 77) nach §. 194.

Fig. 77.



Bestimmung der Höhe für gegebene Zeit. 2.
$sin.\ h = sin.\ \delta\ sin.\ \varphi + cos.\ \delta\ cos.\ t\ cos.\ \varphi.$

2. Ferner bestimmt man auf der der Declination des Gestirns entsprechenden Linie auf dem Zeitmaassstabe die Länge, welche dem Cosinus des Stundenwinkels angehört. Diese trägt man auf der Breitenlinie *A I* vom Sechsuhrpunkte ausgehend ab. Ist der Stundenwinkel kleiner als 6^h oder 90^0, so trägt man den Cosinus von *M* nach *N* hin ab; ist er aber grösser, so wird er von *M* nach *A* hin abgetragen. Die durch den Punkt *N* oder auch *N'* gehende Linie giebt die gesuchte Höhe.

204 Die Richtigkeit der Auflösung durch das erste Verfahren folgt einfach aus der Formel §. 62 (8):

$$sin. h = sin. (\psi + \delta) - cos. \delta \; cos. \varphi \; sin. vers. t.$$

Die für das zweite aber aus der in §. 45 (1^a):

$$sin. h = sin. \delta \; sin. \varphi + cos. \delta \; cos. \varphi \; cos. t.$$

205 Beispiel. Es soll 1856, August 8., $5^h\ 3^m$ mittlere Ortszeit in $7^0\ 12{,}8'$ östlicher Länge und $53^0\ 22'\ 10''$ nördlicher Breite die Höhe der Sonne bestimmt werden.

Zuvörderst berechnet man die wahre Zeit und die Zeitgleichung.

Gegebene Ortszeit August 8	$5^h\ 3^m\ 0^s$
$7^0\ 12{,}8'$ östliche Länge	$28^m\ 51{,}2^s$
Greenwicher mittlere Zeit	$4^h\ 34^m\ 8{,}8^s$
Declination der Sonne August 8, $5^h\ 3^m$ =	$+\ 15^0\ 58'\ 20''$
Zeitgleichung	$3^m\ 18{,}6^s$
Ab von	$5^h\ 3^m\ 0^s$
Wahre Zeit.	$4^h\ 59^m\ 41{,}4^s$.

$$90^0 - \varphi = \psi = 36^0\ 37'\ 50''$$
$$\delta = 15^0\ 58'\ 20''$$
$$\psi + \delta = 52^0\ 36'\ 10''.$$

Man bestimmt jetzt auf dem Netze den Punkt auf der Breitenlinie, in welchem diese von der zu $52^0\ 36'\ 10''$ gehörenden Höhe geschnitten wird, fasst dann die dem Sinus versus $4^h\ 59^m\ 41{,}4^s$ angehörende Länge auf dem Zeitmaassstabe in den Zirkel und setzt den einen Fuss des letztern in den Culminationspunkt. Der Punkt auf der Breitenlinie, bis zu welchem der zweite Fuss des Zirkels herabreicht, bestimmt die Höhe. Diese letztere ist im vorliegenden Falle $21^0\ 43'$.

Dasselbe Resultat erhält man durch Anwendung des zweiten Verfahrens.

206 Bestimmt man die Höhe für das voranstehende Beispiel nach den Formeln (3) und (4) §. 62, so nimmt die Rechnung folgende Gestalt an:

$$\begin{array}{rll}
\varphi = 53^0\ 22'\ 10'' & log.\,cos. = & 9{,}77572 \\
\delta = 15^0\ 58'\ 20'' & log.\,cos. = & 9{,}98290 \\
\varphi - \delta = 37^0\ 23'\ 50'' & \text{Summe} = & 19{,}75862 \\
{}^1/_2\,(\varphi - \delta) = 18^0\ 41'\ 55'' & \text{Halbe Summe} = & 9{,}87931 \\
{}^1/_2\,t = 2^h\ 29^m\ 50{,}7^s & log.\,sin. = & 9{,}78406 \\
 & & 9{,}66337
\end{array}$$

$$\text{Subtrahirt von } log.\,sin.\ {}^1/_2\,(\varphi - \delta) = 9{,}50595$$

$$log.\,cotg.\,\theta = 9{,}84258$$

$$\theta = 55^0\ 9'\ 51''$$

$$\begin{array}{rll}
 & log.\,sin.\ {}^1/_2\,(\varphi - \delta) = & 9{,}50595 \\
 & log.\,cos.\,\theta\ \ldots\ldots = & 9{,}75681 \\
{}^1/_2\,z = 34^0\ \ 8'\ 27'' & log.\,sin.\ {}^1/_2\,z\ \ldots = & 9{,}74914 \\
z = 68^0\ 16'\ 54'' & & \\
\text{Subtrahirt von } 89^0\ 59'\ 60'' & & \\
h = 90^0 - z = 21^0\ 43'\ \ 6'' & &
\end{array}$$

Die Rechnung nach den Formeln (1) und (2), §. 62, giebt dieselbe Antwort. Sie unterscheidet sich von der voranstehenden Rechnung nur darin, dass man den *log. sin.* $^1/_2\,(\varphi - \delta)$ von der darüberstehenden Zahl subtrahirt und für den Rest die *tg.* bestimmt. 207

$$9{,}66337 - 9{,}50595 = 10{,}15742 = log.\,tg.\,\xi$$

$$- \,log.\,sin.\,\xi = 9{,}91422 \qquad \xi = 55^0\ 9'\ 50{,}7''$$

$$log.\,sin.\ {}^1/_2\,z = 9{,}74915$$

Dasselbe Resultat wie oben.

Die nach den Formeln (6) und (7), §. 62, geführte Rechnung nimmt folgende Form an: 208

$$\begin{array}{rll}
\varphi = 53^0\ 22'\ 10'' & log.\,cos.\ \ldots\ldots = & 9{,}77572 \\
\delta = 15^0\ 58'\ 20'' & log.\,cos.\ \ldots\ldots = & 9{,}98290 \\
\varphi + \delta = 69^0\ 20'\ 30'' & \text{Summe}\ \ldots = & 19{,}75862 \\
{}^1/_2\,(\varphi + \delta) = 34^0\ 40'\ 15'' & \text{Halbe Summe} = & 9{,}87931 \\
{}^1/_2\,t = 2^h\ 29^m\ 50{,}7^s & log.\,cos.\ \ldots\ldots = & 9{,}89970
\end{array}$$

$$log.\,sin.\,\varrho = log.\,cos.\ {}^1/_2\,t\ \sqrt{cos.\,\varphi\ cos.\,\delta} = 9{,}77901$$

$$\begin{array}{rll}
\varrho = 36^0\ 57'\ 11'' & & \\
{}^1/_2\,(\varphi + \delta) = 34^0\ 40'\ 15'' & & \\
{}^1/_2\,(\varphi + \delta) + \varrho = 71^0\ 37'\ 26'' & log.\,cos. = & 9{,}49865 \\
{}^1/_2\,(\varphi + \delta) - \varrho = 2^0\ 16'\ 56'' & log.\,cos. = & 9{,}99966 \\
 & & 19{,}49831 \\
{}^1/_2\,z = 34^0\ \ 8'\ 27'' & log.\,sin.\ {}^1/_2\,z = & 9{,}74915 \\
z = 68^0\ 16'\ 54'' & & \\
h = 90^0 - z = 21^0\ 43'\ \ 6''. & &
\end{array}$$

209 Unter Zuziehung von Tafeln, worin die natürlichen Sinus und Cosinus, sowie die Logarithmen der Suversus und Sinus versus oder die Logarithmen der Steigezeit enthalten sind, lässt sich die Rechnung nach der Formel (5), §. 62,

$$cos. z = sin. h = cos. \varphi \; cos. \delta \; sin. vers. t - cos. (\varphi \pm \delta)$$

bequemer und schneller, als durch Einführung eines Hülfswinkels durchführen. Es ist

$$\begin{aligned}
\varphi &= 53^0\, 22'\, 10'' \quad log. cos. \;. = 9{,}77572 \\
\delta &= 15^0\, 58'\, 20'' \quad log. cos. \;. = 9{,}98290 \\
t &= 4^h\, 59^m\, 41{,}4^s \quad log. sin. vers. = 4{,}86916 \\
&\qquad\qquad log.\ 4{,}62778 = 42440 \\
(\varphi - \delta) &= 37^0\, 23'\, 50'' \quad cos. \;\ldots\ldots\ldots = 79444 \\
&\qquad\qquad sin. h = 37004 \\
&\qquad\qquad h = 21^0\, 43'\, 5{,}5''.
\end{aligned}$$

XV. Bestimmung des Azimuths eines Gestirns.

210 Wenn man die Höhe eines Himmelskörpers an einem Orte, dessen Breite bekannt ist, durch Messung bestimmt hat, so kann man sein Azimuth mittelst des Diagramms auf zweifache Weise bestimmen.

Erstes Verfahren. 1. Man bestimme auf dem Netze des Diagramms die Breitenlinie AI (Fig. 78) trage auf dieser von A aus die Länge AG, welche dem Sinus der Höhe gleich ist, ab, und ziehe durch G die Höhenlinie HG.

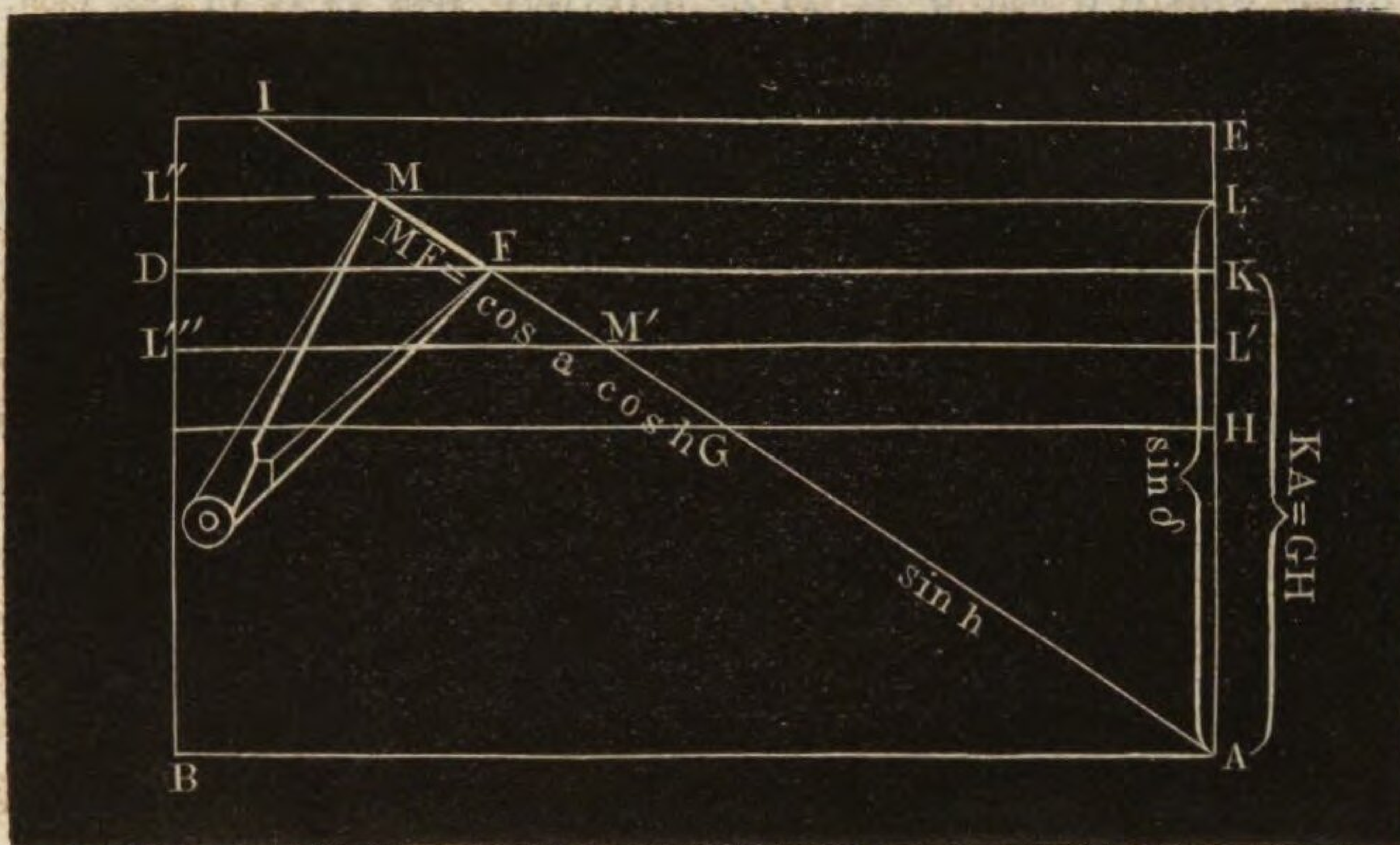
2. Man fasse den Abstand des Punktes G von AE, d. i. GH in den Zirkel, trage diese Länge auf AE von A nach K ab, und ziehe die durch K gehende Höhenlinie KD.

3. Trage man die dem Sinus der Declination entsprechende Länge von A aus nach L ab und ziehe durch den dadurch gefundenen Punkt L die Höhenlinie LM.

4. Setze man den Zirkel in F und öffne ihn bis M. Mit dieser Zirkelöffnung gehe man in den Zeitmaassstab und trage diese Länge auf der der gegebenen Höhe entsprechenden Linie, von AB (Fig. 79) ausgehend, ab. Die durch A und O, bis zu welchem Punkte die zweite Zirkelspitze reicht, gezogene Linie AOM schneidet auf BC das Stück BM ab. Dieses ist der Cosinus des

gesuchten Azimuths. Durch den Sinusmaassstab erhält man nun letzteres in Graden und Minuten ausgedrückt.

Fig. 78.



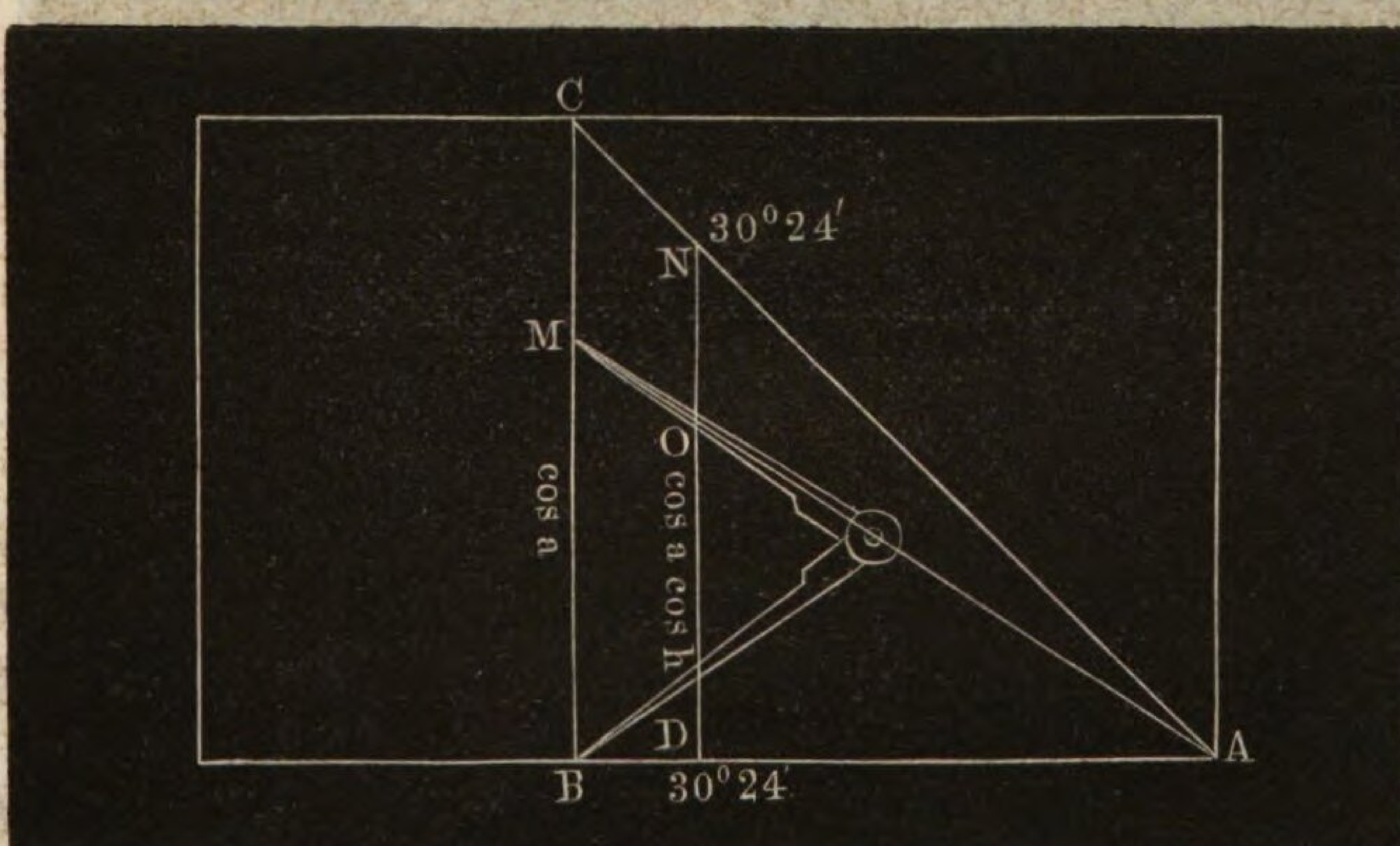
Azimuth 1.

$$\cos. a \cos. h = \frac{\sin. \delta - \sin. h \sin. \varphi}{\cos. \varphi}.$$

Es ist noch zu bemerken:

1. Auf die angegebene Weise erhält man das von Norden aus gezählte Azimuth.

Fig. 79.



2. Wenn $AL = \sin. \delta$ grösser ist als $AK = GH = \sin. h \sin. \varphi$, so erhält man in MB den Cosinus des vom Nordpunkte an gezählten Azimuths, und letzteres ist ein spitzer Winkel.

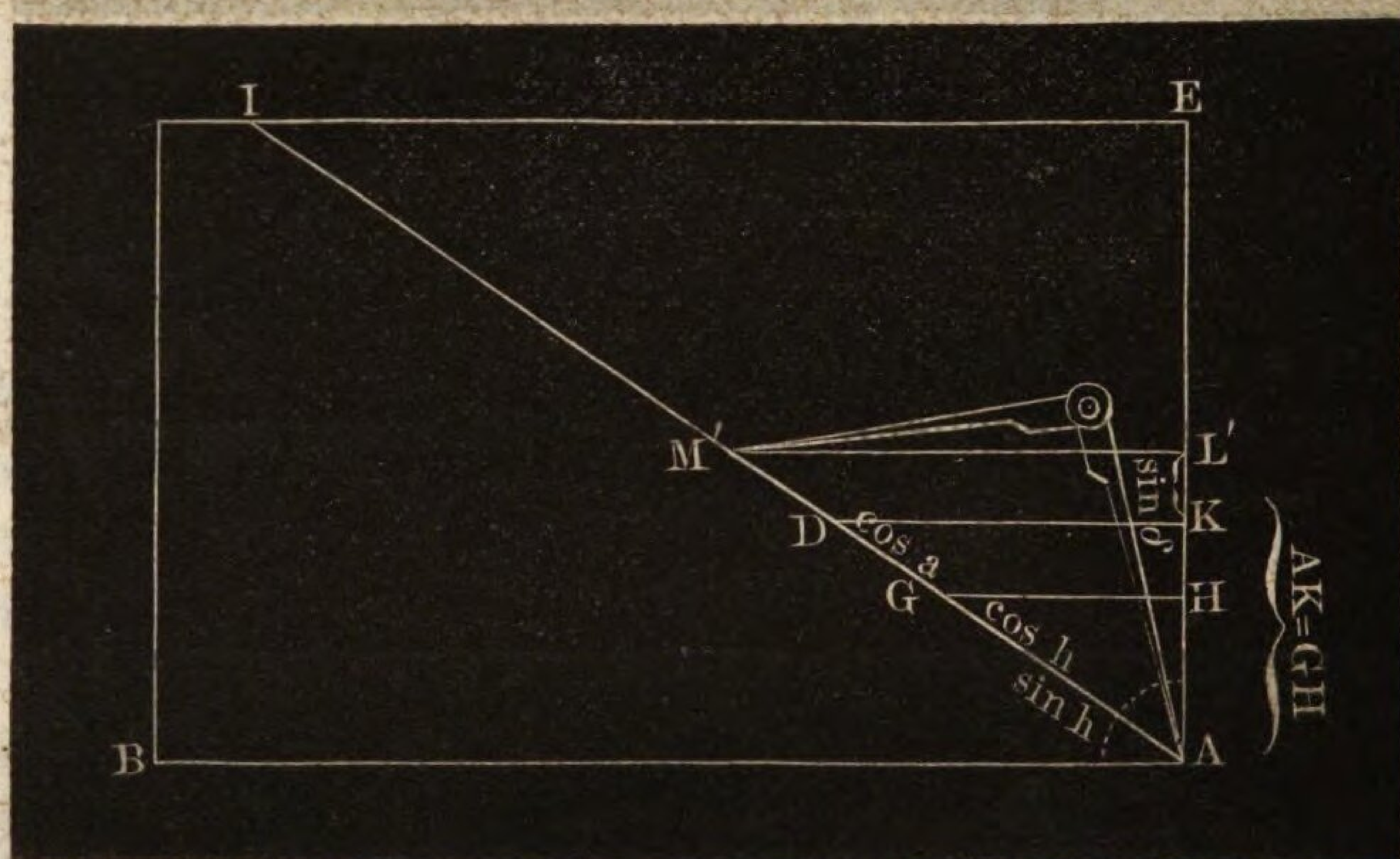
3. Findet man durch obiges Verfahren, dass der Punkt L mit dem Punkte K zusammenfällt, so steht der Himmelskörper im ersten Vertical und sein Azimuth ist gleich 90°.

4. Ist endlich $sin.\,\delta = AL'$ kleiner als AK (Fig. 78), so ist das Azimuth grösser als 90° und man erhält in FM' den Cosinus des Supplements des Azimuths, d. i. $180^0 - a$.

Wenn Breite und Declination ungleichnamig sind, so trägt man die dem Sinus der Declination entsprechende Länge nicht von A aus, sondern von K aus nach L ab und erhält in diesem Falle in AM den Cosinus der Ergänzung des Azimuths zu 180°.

211 Beispiel 1. Unter 53° 36′ nördlicher Breite hat man die wahre Höhe der Sonne gleich 30° 24′ gefunden; die Declination der Sonne war 20° nördlich. Es soll das Azimuth der Sonne für den Augenblick der Beobachtung bestimmt werden.

Fig. 80.



Azimuth 1.

$$cos.\ a\ cos.\ h = \frac{sin.\ \delta - sin.\ h\ sin.\ \varphi}{cos.\ \varphi}.$$

Es sei AI (Fig. 80) die Breitenlinie für 53° 36′, AG gleich dem Sinus der Höhe 30° 34′. Man trage GH von A nach K hin ab und ziehe KD, fasse dann die dem Sinus der Declination, welche 20° beträgt, entsprechende Länge in den Zirkel und trage sie von A nach L' hin ab, ziehe durch L' die Höhenlinie $L'M'$ und bestimme endlich den der Länge DM' angehörenden Winkel auf dem Zeitmaassstabe. Auf letzterm sucht man zuvörderst die Linie DN (Fig. 79), welche der Höhe 30° 34′ angehört, setzt den einen Zirkelfuss in D und bemerkt sich den Punkt O, bis zu welchem

der andere Zirkelfuss reicht. Wenn man nun noch durch *A* und *O* die Linie *AOM* zieht, so erhält man in *BM* den Cosinus des gesuchten Azimuths. Die Zahl für letztern bestimmt man schliesslich auf dem Sinusmaassstabe. Im vorliegenden Falle erhält man 82° 40′.

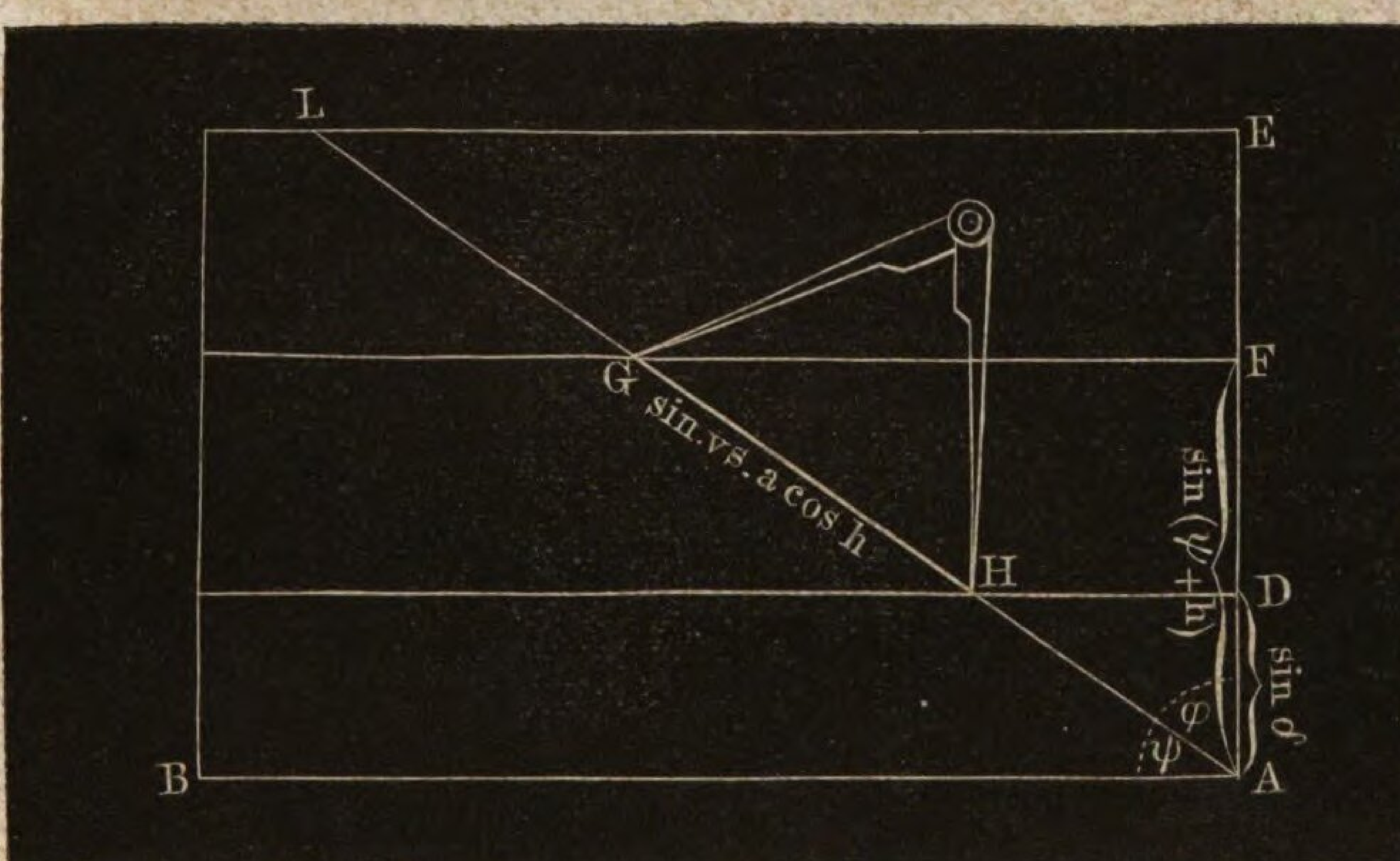
Beispiel 2. Unter 36° 18′ südlicher Breite, als die Declination der Sonne 13° 7′ südlich war, hat man die wahre Höhe der letztern 12° 42′ gefunden. Man will das Azimuth der Sonne wissen. Durch das Diagramm findet man $a = 83^\circ\, 0'$. Da aber in diesem Falle der Cosinus negativ ist, so ist das Azimuth $180^\circ - 83^\circ = 97^\circ$.

Zweites Verfahren. 1. Man bestimme das Complement der Breite oder die Colatitude $\psi = 90 - \varphi$. 212

2. Man addire zur Colatitude die Höhe h.

3. Bestimme man auf der Breitenlinie *AL* (Fig. 81) den

Fig. 81.



Azimuth 2.

$$\cos.\, h\ \sin.\, \text{vers}.\ a = \frac{\sin.\,(\psi + h) - \sin.\ \delta}{\cos.\ \varphi}.$$

Punkt *G*, in welchem sie von der zu $(\psi + h)$ gehörenden Höhenlinie geschnitten wird.

4. Ziehe die Höhenlinie für die Declination der Sonne *DH*.

5. Fasse man den Abstand des Punktes *G* vom Punkte *H* in den Zirkel und bestimme auf der der Höhe zugehörenden Linie des Zeitmaassstabes das Azimuth. Bei dieser Messung geht man von *N*, dem auf der obern schrägen Linie des Zeitmaassstabes liegenden Punkte, als Anfangspunkt aus.

Die Zahlen in dem Beispiele §. 211 sind $h = 30^0\ 24'$ $\varphi = 53^0\ 36'$ nördlich, $\delta = 20^0$ nördlich, folglich ist $\psi = 90^0 - 53^0\ 36' = 36^0\ 24'$ und $\psi + h = 66^0\ 48'$. Wenn nun F und D so bestimmt werden, dass der erstere Punkt $66^0\ 48'$, der zweite 20^0 entspricht, so erhält man, wenn man HG in den Zirkel fasst und auf die angegebene Weise auf dem Zeitmaassstabe bestimmt, für das Azimuth dieselbe Zahl wie oben.

Anm. 1. Die Bestimmung des Azimuths nach der zweiten Methode kann als Controle für die Richtigkeit der ersten dienen, und umgekehrt. Uebrigens ist das erste Verfahren in der Regel vorzuziehen. Für hohe Breiten, für welche der Durchschnittspunkt der $\psi + h$ zugehörenden Höhenlinie mit der Breitenlinie über das Netz hinausfällt, ist man sogar in die Nothwendigkeit versetzt, es anwenden zu müssen.

Wenn $\psi + h > 90^0$, so bestimmt man den Punkt F so, dass er $180 - (\psi + h)$ entspricht.

213 Die Bestimmung des Azimuths nach der ersten Methode ist aus der Formel §. 55

$$cos.\, a = \frac{sin.\, \delta - sin.\, h\ sin.\, \varphi}{cos.\, h\ cos.\, \varphi}$$

hervorgegangen. Giebt man dieser Formel die Gestalt

$$cos.\, h\ cos.\, a = \frac{sin.\, \delta - sin.\, h\ sin.\, \varphi}{cos.\, \varphi},$$

so findet man den Ausdruck auf der rechten Seite, als lineare Grösse auf dem Netze, den Werth für $cos.\, h\ cos.\, a$ auf der linken Seite aber auf dem Sinusmaassstabe.

Die zweite Methode entspricht der Bestimmung des Azimuths nach der Formel §. 59 (1).

$$sin.\, vers.\, a = \frac{sin.\ (\psi + h) - sin.\ \delta}{sin.\, \psi\ cos.\ h}$$

$$cos.\, h\ sin.\, vers.\, a = \frac{sin.\ (\psi + h) - sin.\ \delta}{cos.\ \varphi}.$$

XVI. Bestimmung des Winkels, welchen der durch Sonne und Mond, oder je zwei andere Gestirne gelegt gedachte grösste Kreis mit dem durch das eine dieser Gestirne gehenden Verticalkreise macht, wenn die Distanz und die Höhen beider Gestirne gegeben sind.

Wenn bei Bestimmung der Länge durch Monddistanzen der 214
Halbmesser des Mondes, oder der Sonne wegen Refraction corrigirt, oder der Einfluss der Abplattung der Erde auf die Distanz in Rechnung gebracht werden soll, so muss der Winkel bekannt sein, welchen der den Mond und die Sonne, oder den Mond und den Stern verbindende Bogen mit dem durch den Mittelpunkt des Mondes, oder auch durch den Mittelpunkt der Sonne gehenden Verticalkreise einschliesst. Durch Hülfe des Diagramms wird dieser Winkel auf folgende Weise gefunden.

Erstes Verfahren. Aufgabe. Die scheinbare Höhe des 215
Mondes H ist $= 22^0\ 36'$, die scheinbare Höhe des Regulus $h = 49^0\ 25'$, die Distanz $= 64^0\ 17'$. Man soll den Winkel bestimmen, welchen der Distanzbogen mit dem durch den Mond, und auch mit dem durch Regulus gelegt gedachten Verticalkreise in dem Dreiecke Zenith, Mond, Regulus bildet.

1. Bestimmung des Winkels, in dessen Scheitelpunkte der Mond steht

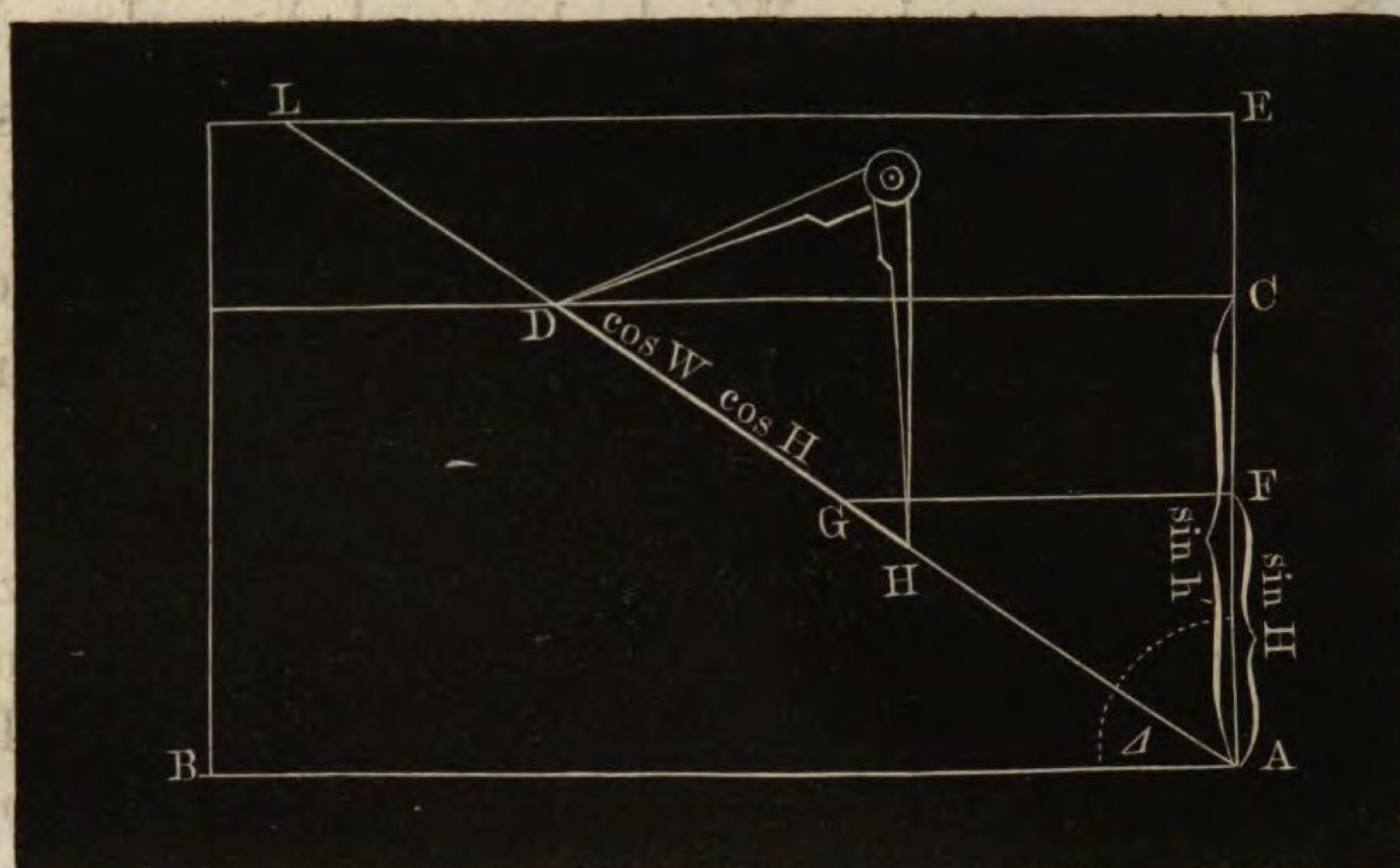
Auflösung. 1. Man bestimme die der Distanz $\varDelta = 64^0\ 17'$ entsprechende Breitenlinie AL (Fig. 82, a. f. S.), d. h. man ziehe AL so, dass $LAB = 64^0\ 17'$. Wenn die Distanz grösser als 90^0 ist, so zieht man von A aus die Linie für $180^0 - \varDelta$.

2. Bestimme man auf der für die Distanz gezogenen Linie AL den Punkt, in welchem sie von der Höhenlinie geschnitten wird, die dem im Scheitelpunkte des zu bestimmenden Winkels stehenden Himmelskörper angehört. Für das vorliegende Beispiel ist dieses die Linie GF, für die Höhe des Mondes $= 22^0\ 36'$.

3. Trage man die Länge GF, um welche der Punkt G vom

rechten Rande des Diagramms absteht, auf der Linie für die Distanz AL von A aus ab, so, dass $AH = GF$.

Fig. 82.



Winkel an Sonne, Mond oder Stern. 1.

$$\cos. w \cos. H = \frac{\sin. h - \sin. H \cos. \Delta}{\sin. \Delta}.$$

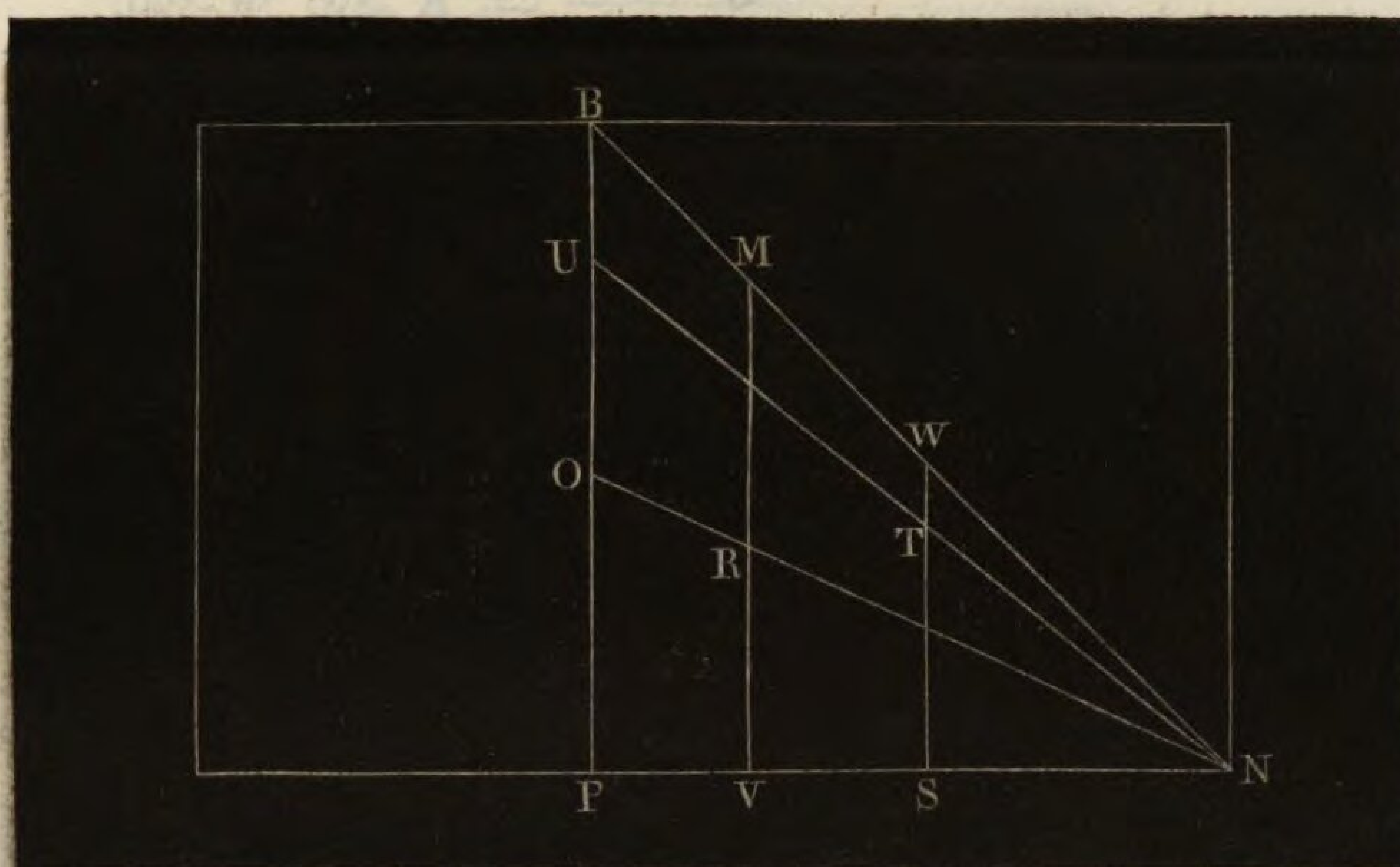
4. Bestimme man auf der Distanzlinie AL den Punkt D, in welchem sie von der der Höhe des Regulus $= 49^0\ 25'$ entsprechenden Höhenlinie CD geschnitten wird.

5. Fasse man die Länge DH in den Zirkel und bestimme auf dem Zeitmaassstabe den ihr angehörenden Winkel. Dieses letztere geschieht, indem man den einen Zirkelfuss auf der untern Horizontallinie des Zeitmaassstabes (Fig. 83) in den Punkt einsetzt, welcher der Höhe des Mondes, d. i. $22^0\ 36'$, entspricht. Der andere Zirkelfuss reicht dann auf der durch den Punkt für $22^0\ 36'$ auf dem Zeitmaassstabe senkrecht gezogenen Linie VM bis zu der den gesuchten Winkel bestimmenden schrägen Linie NO hinauf. Für das vorliegende Beispiel trifft NR, gehörig verlängert, mit dem Punkte O auf PR zusammen, welcher dem Winkel $44^0\ 33'$ entspricht. Dieses ist die Grösse des Winkels, welcher bestimmt werden soll.

6. Um den Winkel Zenith, Regulus, Mond zu finden, muss ebenfalls Δ für $64^0\ 17'$, AF aber für $49^0\ 25'$ und AC für $22^0\ 36'$ bestimmt werden. Dann trägt man FG (Fig. 82) von A aus nach H hin ab, fasst DH in den Zirkel, setzt diesen auf der $49^0\ 25'$ entsprechenden Linie SW (Fig. 83) auf dem Zeitmaassstabe in S ein,

und bemerkt sich, bis zu welchem Punkte T der andere Zirkelfuss hinaufreicht. Die durch N und T gezogene und gehörig ver-

Fig. 83.



längerte Linie trifft mit PB in U zusammen und man findet, dass der gesuchte Winkel $= 84^0\ 53'$ ist.

Zweites Verfahren. Aufgabe. Die scheinbare Höhe des Mittelpunktes des Mondes ist $14^0\ 24'$, die der Sonne $= 3^0\ 28'$, die scheinbare Distanz der Mittelpunkte von Sonne und Mond $105^0\ 19'$. Man soll den Winkel am Monde und an der Sonne bestimmen. **215**

Auflösung. Um den Winkel zu finden, in dessen Scheitelpunkte der Mond steht, addire man zur Höhe des Mondes $H = 14^0\ 24'$, die Distanz $\Delta = 105^0\ 19'$ und bestimme die Höhenlinie für $H + \Delta = 119^0\ 43'$. Im vorliegenden Falle ist $H + \Delta$ und ebenso Δ für sich allein grösser als 90^0. Man muss daher diese Winkel zuvörderst von 180^0 abziehen und, statt für $H + \Delta$ und Δ, für ihre Supplemente die erforderlichen Linien und Punkte auf dem Diagramme aufsuchen.

Demgemäss bestimmt man:

1. die $180^0 - \Delta = 180^0 - 105^0\ 19' = 74^0\ 41'$ entsprechende Breitenlinie AF (Fig. 84 a. f. S.);

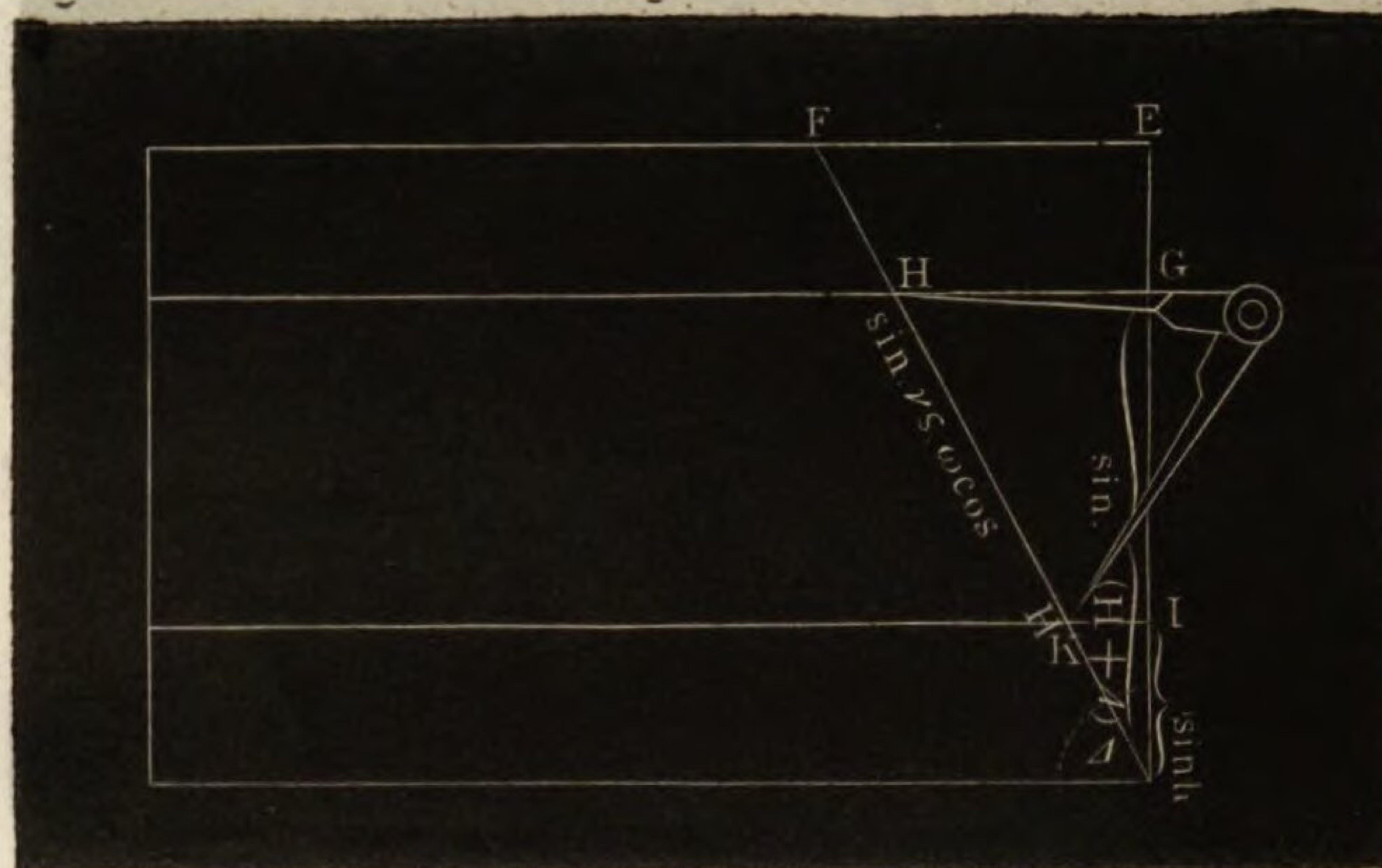
2. die $180^0 - (H + \Delta) = 180^0 - 119^0\ 43' = 60^0\ 17'$ entsprechende Höhenlinie GH;

3. die Höhenlinie für die Höhe der Sonne $= 3^0\ 28'$, d. i. IK.

4. Fasst man die Länge HK in den Zirkel und geht mit dieser Zirkelspannung in den Zeitmaassstab.

5. Es sei auf dem Zeitmaassstabe (Fig. 83) MV die der Höhe des Mondes entsprechende Linie. Wenn man den einen Zirkel-

Fig. 84.



Winkel an Sonne, Mond oder Stern. 2.

$$sin.\ vers.\ w\ cos.\ H = \frac{sin.\ (H + \varDelta) - sin.\ h}{sin.\ \varDelta}.$$

fuss auf der Linie MV in den Punkt M einsetzt, so reicht die andere Zirkelspitze bis zu dem Punkte R herunter, durch welche die den Winkel bestimmende Linie NO geht. Im vorliegenden Falle findet man, dass der gesuchte Winkel $= 82^0\ 16'$ ist.

Das Verfahren, um den Winkel an der Sonne zu bestimmen, stimmt mit dem voranstehenden überein, nur müssen hier die Höhenlinien für $180 - (h + \varDelta)$ und H bestimmt werden. Der Abstand der beiden Punkte, in welchen diese Linien die der Distanz entsprechende Breitenlinie schneiden, wird auf dem Zeitmaassstabe auf der der Sonnenhöhe entsprechenden Linie gemessen. Man erhält hierdurch für den gesuchten Winkel 74^0.

Anm. Wollte man die vorliegende Aufgabe nach der ersten Methode lösen, so würde, weil $\varDelta$ grösser als 90^0 ist, die Länge FG in Figur 82 nicht von A nach H, sondern von dem niedriger wie G liegenden Punkte D nach oben hin abzutragen und der Abstand von A bis zum Endpunkte der dann vorliegenden Länge auf dem Zeitmaassstabe, von der untern Linie ausgehend, gemessen werden müssen.

216 Die Bestimmung der Winkel nach der ersten Methode gründet sich auf die Formeln:

$$\cos. w \cos. H = \frac{\sin. h - \sin. H \cos. \Delta}{\sin. \Delta},$$

$$\cos. w' \cos. h = \frac{\sin. H - \sin. h \cos. \Delta}{\sin. \Delta},$$

in welchen w den Winkel am Monde und H die Höhe des Mondes, w' aber den an der Sonne, oder am Sterne bezeichnet.

Der zweiten Methode liegen die folgenden beiden Formeln zum Grunde:

$$\sin. vers. w \cos. H = \frac{\sin. (H + \Delta) - \sin. h}{\sin. \Delta},$$

$$\sin. vers. w' \cos. h = \frac{\sin. (h + \Delta) - \sin. H}{\sin. \Delta}.$$

XVII. Für jeden Ort der Erdoberfläche, dessen Breite bekannt ist, die Anzahl der Meilen eines Längengrades zu bestimmen, welcher auf dem durch den Ort gehenden Breitenparallel liegt.

Zwei Punkte, welche auf dem Aequator liegen und einen 217
Grad von einander abstehen, sind 15 geographische Meilen von einander entfernt. Die durch diese Punkte gelegt gedachten Meridiane convergiren nach den Polen hin und ihr Abstand in Meilen wird immer kleiner. Um diese Meilenzahl unter gegebener Breite zu finden, verfährt man auf folgende Weise.

1. Man bestimmt die Linie AH (Fig. 85 a. f. S.) so, dass der Winkel EAH gleich der Breite ist.

2. Trägt man auf derselben, von A ausgehend, die Länge $AG = AE$ ab.

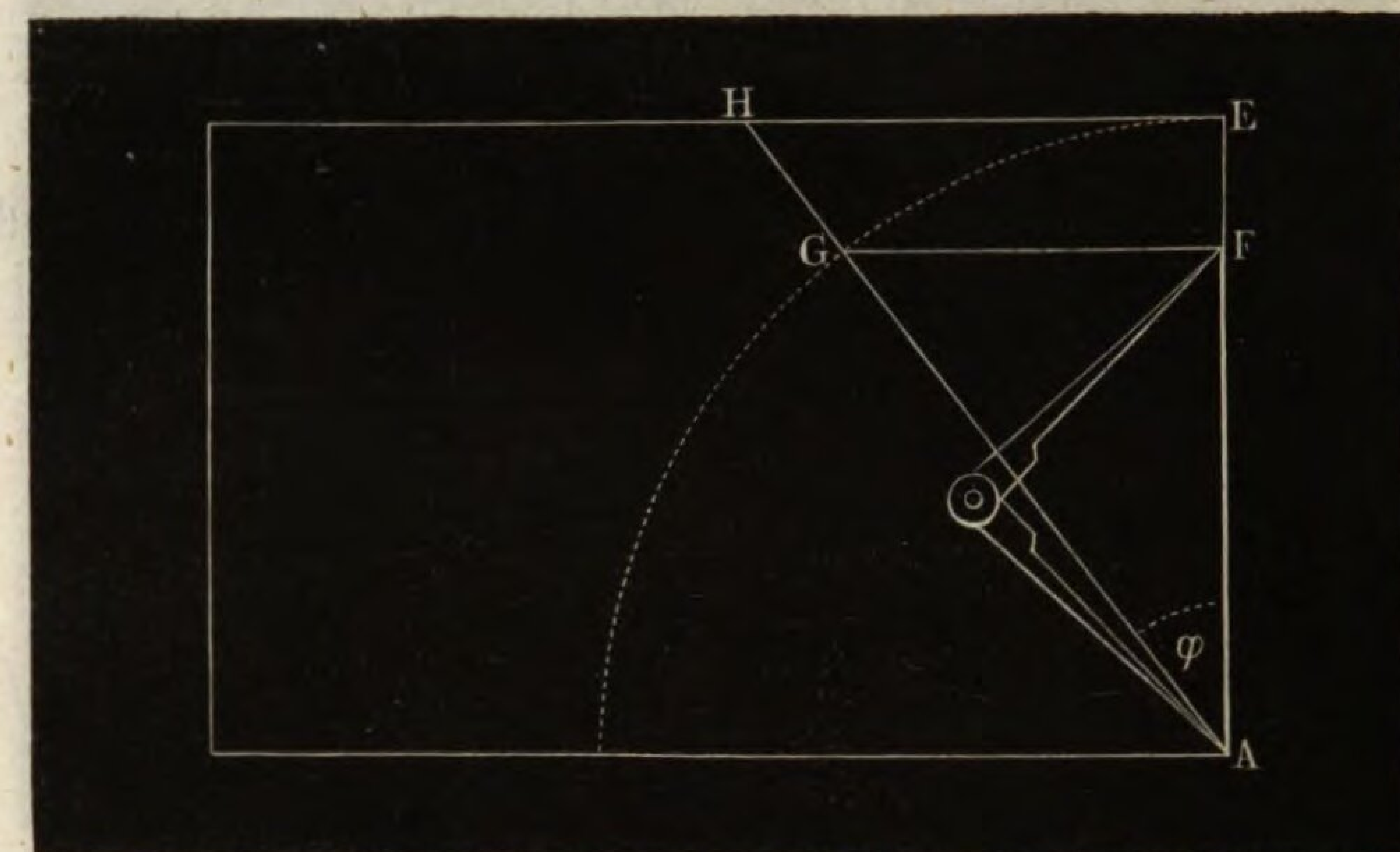
3. Zieht man die durch G gehende Höhenlinie GF.

4. Fasst man AF in den Zirkel und bestimmt deren Länge mittelst des Meilen- oder Längenmaassstabes, und erhält dadurch die gesuchte Meilenzahl. Jeder der 15 grösseren Theile auf dem Längenmaasse wird hierbei als eine geographische Meile angenommen. Mittelst der Transversalen auf demselben lassen sich dann noch Zehntel und Hundertel einer solchen Meile bestimmen.

Beispiel. Wie viel Meilen kommen auf einen Grad des Bogens von dem Breitenparallel, welcher durch Stockholm geht?

Stockholm liegt unter 59° 20′, macht man daher $EAH = 59° 20'$, ferner $AG = AE$, zieht dann die durch G gehende Höhenlinie

Fig. 85.



Länge der Längengrade.

GF und fasst AF in den Zirkel, so findet man durch Messung dieser Länge auf dem Längenmaassstabe 7,65 Meilen.

XVIII. Aus der gegebenen Länge und Breite zweier Orte den kürzesten Abstand derselben abzuleiten, oder, was dasselbe, die Länge des Bogens des grössten Kreises zu bestimmen, welcher jene Orte verbindet.

218 In Beziehung auf die Lage der beiden Orte sind vier Fälle zu unterscheiden; sie liegen nämlich

a. auf einem und demselben Meridian,
b. unter dem Aequator,
c. auf einem und demselben Parallelkreise,
d. auf verschiedenen Meridianen und Parallelkreisen.

Im ersten Falle haben die Orte gleiche Länge, aber ungleiche Breite, im zweiten gleiche Breite, aber ungleiche Länge. Dort ist der Breitenunterschied, hier aber der Längenunterschied der gesuchte, als Bogen eines grössten Kreises ausgedrückte kür-

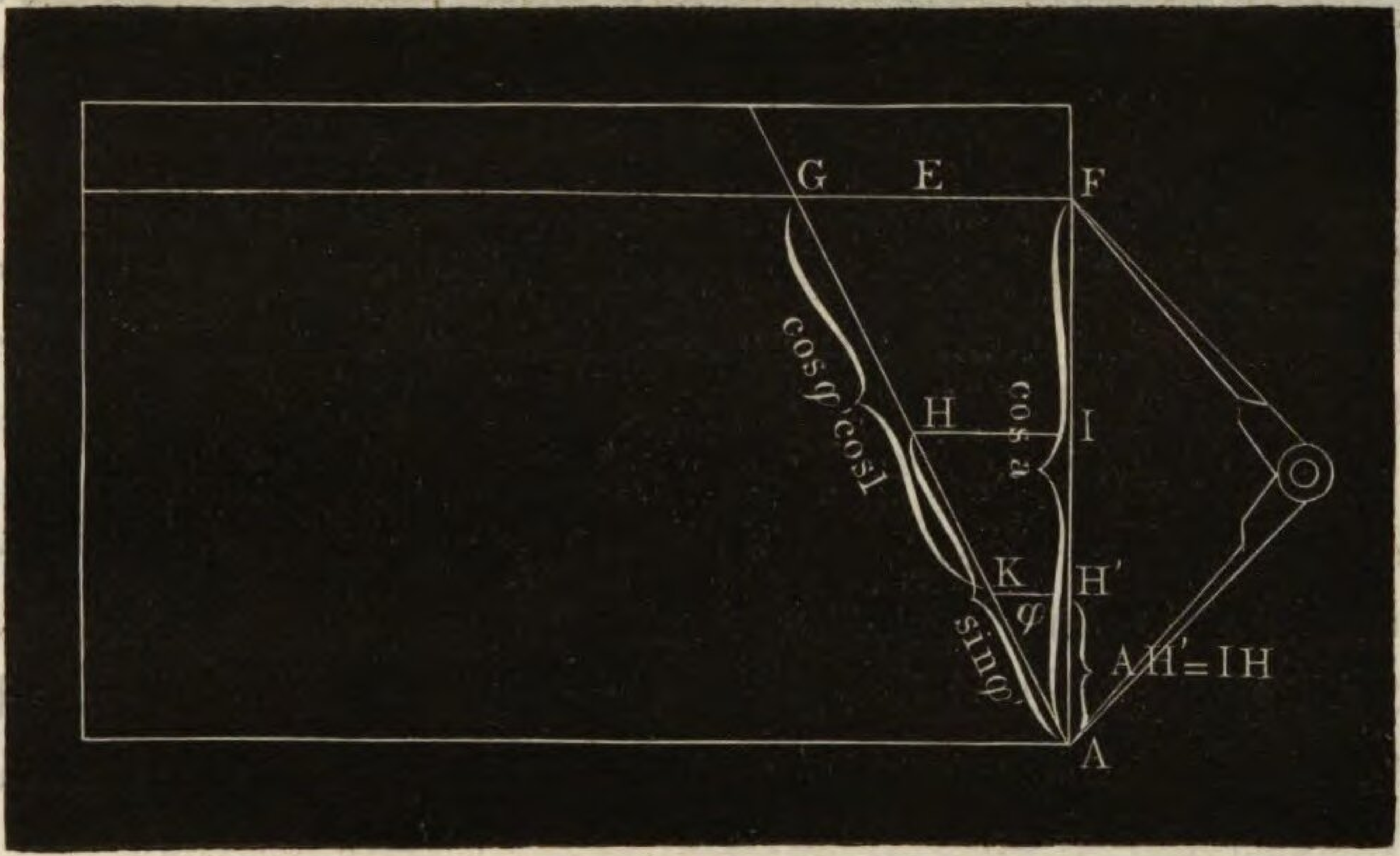
zeste Abstand. Man erhält letztern in geographischen Meilen, wenn man jene Unterschiede, insofern sie in Graden und Bruchtheilen ausgedrückt sind, mit 15 multiplicirt.

Die Aufgaben, welche zu den unter c. aufgeführten gehören, werden, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, auf dieselbe Weise gelöst, wie die durch d. bezeichneten, indem sie nur als besondere Fälle dieser letzteren betrachtet werden können.

Es folgt daher zuvörderst die Auflösung der letztern Classe von Aufgaben.

Erstes Verfahren. 1. Man ziehe die Linie AG (Fig. 86) 219

Fig. 86.



Kürzester Abstand I.

$cos.\ a = sin.\ \varphi\ sin.\ \varphi' + cos.\ \varphi\ cos.\ \varphi'\ cos.\ l.$

so, dass der Winkel FAG der Breite des Orts gleich wird, welcher dem Aequator am nächsten liegt.

Um die folgenden Regeln möglichst kurz aussprechen zu können, soll die Breite des Orts, welcher dem Aequator am nächsten liegt, durch φ, die des andern durch φ' und der Längenunterschied beider durch l bezeichnet werden.

2. Man fasse die dem Sinus der Breite φ' entsprechende Länge auf dem Sinusmaassstabe in den Zirkel und trage diese auf AG von A aus nach H ab.

3. Nehme man HI in den Zirkel und trage diese Länge auf AF, von A ausgehend, nach H' ab und ziehe durch H' die Höhenlinie AK.

4. Bestimme man auf dem Zeitmaassstabe die dem Cosinus

der Breite φ' entsprechende Linie, fasse das dem Längenunterschiede l entsprechende Stück auf derselben in den Zirkel und trage dieses auf AG von K aus nach G hin ab.

5. Ziehe man durch G die Höhenlinie GF. Man erhält hierdurch in AF die Länge des Cosinus des gesuchten kürzesten Abstandes und durch Messung desselben auf dem Sinusmaassstabe letztern in Graden und Minuten ausgedrückt.

220 Beispiel. Die Breite von Berlin ist 52° 30′, die der Insel Ferro 27° 45′, der Unterschied der Länge 31° 32′. Man sucht den kürzesten Abstand beider Orte.

Nachdem man AG so gezogen hat, dass $FAG = 27° 45'$, mache man $AH = sin.\ 52° 30'$, trage HI von A aus nach H' ab und bestimme K. Dann fasse man auf der dem Cosinus 52° 30′ entsprechenden Linie auf dem Zeitmaassstabe die dem Cosinus 31° 32′ entsprechende Länge in den Zirkel und trage diese von K nach G hin ab. Dadurch, dass man durch G eine Höhenlinie zieht, erhält man F und in AF den Cosinus des gesuchten kürzesten Abstandes. Misst man nun AF auf dem Sinusmaassstabe, so findet man, dass dieser Länge der Winkel 34° 4′ angehört.

Multiplicirt man die 34° 4′ mit 15, so erhält man in dem Producte 511 die Anzahl von geographischen Meilen, welche die kürzeste Entfernung zwischen Berlin und Ferro ausdrücken.

221 Zweites Verfahren. Nachdem man auch hier wieder den Winkel $IAH = \varphi$ gemacht hat, bestimme man $90° - (\varphi' - \varphi)$. Für das Beispiel im voranstehenden Paragraph ist $90° - (\varphi' - \varphi) = 65° 15'$. Ferner bestimme man

1. den Punkt I (Fig. 87) so, dass $AI = 90° - (\varphi' - \varphi)$. Dann ziehe man durch I die Höhenlinie IH.

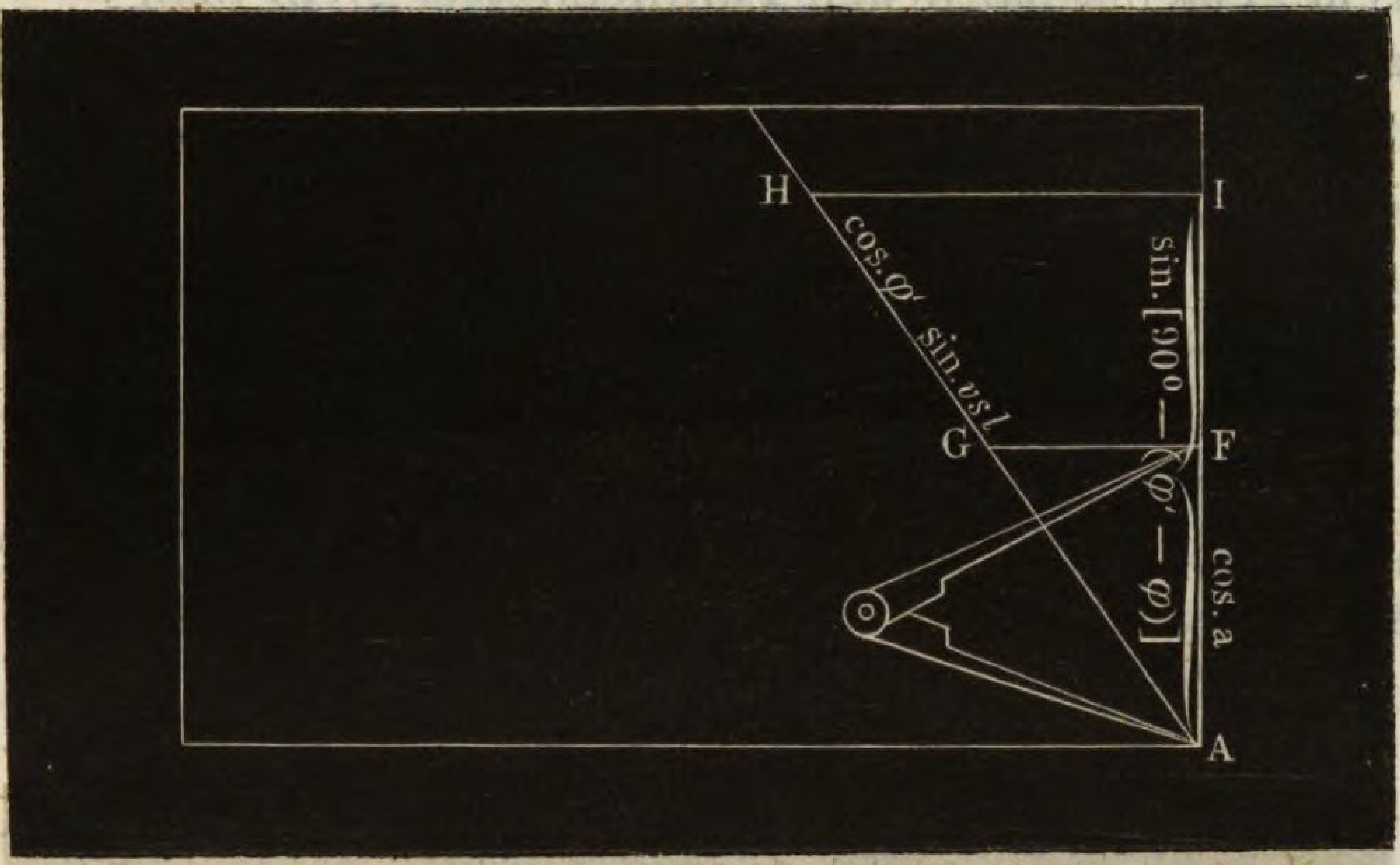
2. Fasse man auf dem Zeitmaassstabe auf der dem Cosinus der Breite φ' entsprechenden Linie den Sinus versus des Längenunterschiedes l in den Zirkel und trage diesen auf AH von H nach G hin ab.

3. Ziehe man die durch G gehende Höhenlinie.

4. Der Abstand des Punktes F, in welchem die durch G gezogene Höhenlinie mit AI zusammentrifft, von A, d. i. AF ist ebenfalls die Länge des Cosinus des gesuchten Abstandes und giebt, auf dem Sinusmaassstabe gemessen, die gesuchte Grösse in Graden und Minuten.

Anm. Wenn l grösser als 90° ist, so trägt man $cos.\ \varphi'\ cos.\ l$, oder $cos.\ \varphi'\ sin.\ vers.\ l$ in einer der oben angegebenen widerstreitenden Richtung ab.

Fig. 87.



Kürzester Abstand 2.

$cos.\ a = sin.\ (90^0 - (\varphi' - \varphi)) - cos.\ \varphi\ cos.\ \varphi'\ sin.\ vers.\ t.$

Das erste Verfahren gründet sich auf die Formel 222

$$cos. a = sin. \varphi\ sin. \varphi' + cos. \varphi\ cos. \varphi'\ cos. l,$$

das zweite entspricht der Formel

$$cos. a = sin. [90^0 - (\varphi' - \varphi)] - cos. \varphi\ cos. \varphi'\ sin. vers. l.$$

Anm. Bei der Auflösung der voranstehenden Aufgaben wird die Gestalt der Erde als mit der einer geometrischen Kugel übereinstimmend betrachtet. Da die von der sphäroidischen Gestalt der Erde herrührende Abweichung auf einem grossen Theile der Erdoberfläche fast unmerklich wird; so ist jene Voraussetzung für die Praxis in den meisten Fällen zulässig.

Liegen die beiden Orte auf demselben Breitenparallel, d. h. ist $\varphi = \varphi'$, so bleibt das im Voranstehenden beschriebene Verfahren im Wesentlichen dasselbe. 223

Beispiel. Es ist

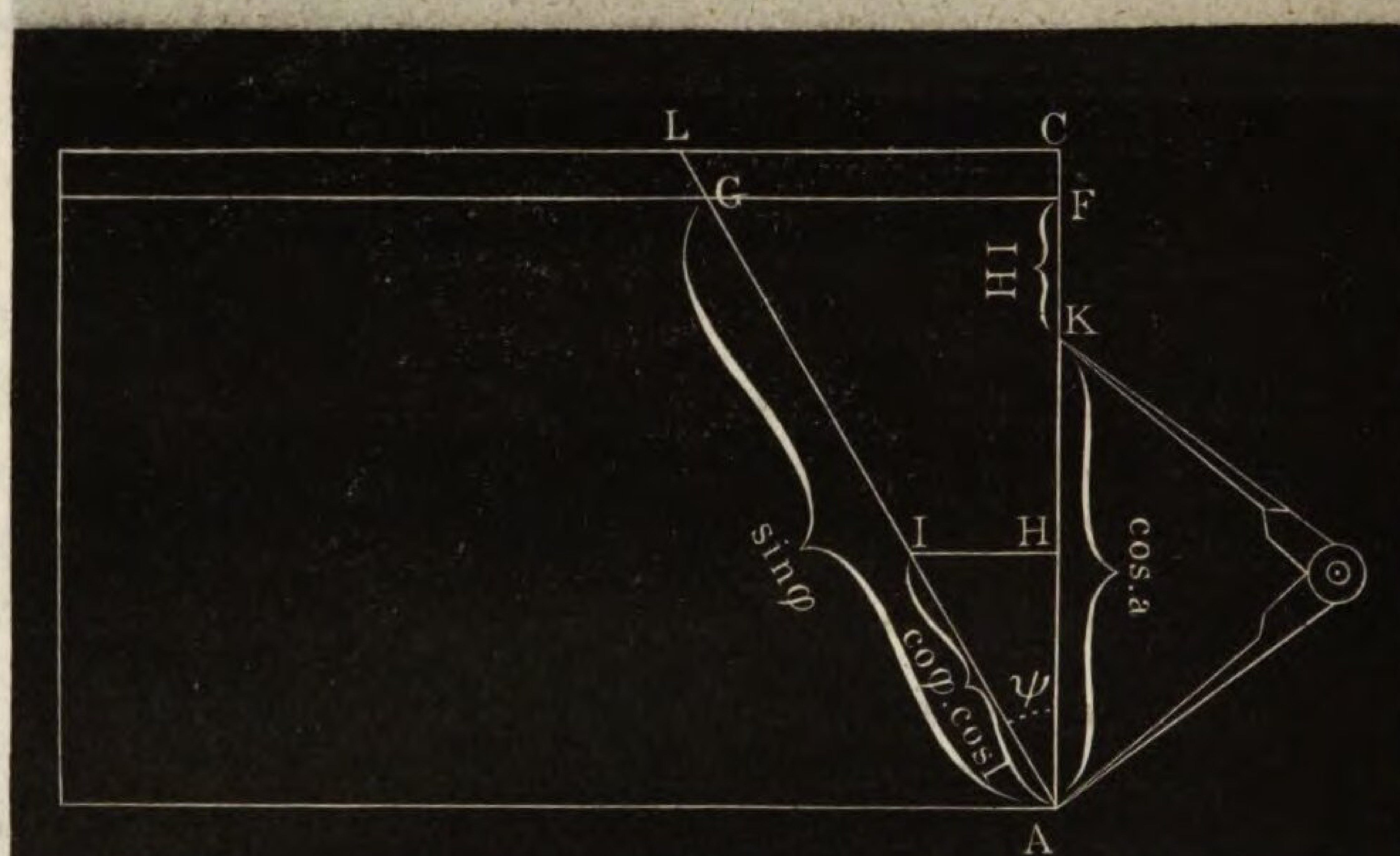
	die Breite	die Länge	
für Stockholm . . .	59° 20′. . .	18° 3′ 45″	östl. von Greenw.
„ Ochotzk	59° 20′. . .	143° 12′ 30″	„ „ „
der Unterschied		l = 125° 8′ 45″;	

ist die Länge des auf dem gemeinschaftlichen Parallel liegenden Bogens zwischen beiden Orten. Wollte man die Länge dieses Abstandes in Meilen wissen, so müsste man die obige Zahl mit

der auf einen Grad der Länge unter $59^0\,20'$ Breite kommenden Meilenzahl multipliciren. Da diese, nach §. 217 = 7,65 ist, so erhält man 959 geographische Meilen als Entfernung der beiden Städte auf ihrem gemeinschaftlichen Parallelkreise. Will man aber ihren kürzesten Abstand wissen, so muss man zuvörderst die Länge des beide Städte verbindenden Bogens bestimmen, welcher auf dem durch sie gelegt gedachten grössten Kreise liegt. Dieses geschieht am einfachsten auf folgende Weise.

1. Da die Breite $= 59^0\,20'$ ist, der Winkel CAL also bedeutend gross, und die zur Anwendung kommenden trigonometrischen Linien von beträchtlicher Länge werden würden, so macht man hier, wie in allen ähnlichen Fällen, den Winkel CAL (Fig. 88) $= 90^0 - \varphi = \psi$.

Fig 88.



Kürzester Abstand 3.

2. Fasst man die dem Sinus der Breite entsprechende Länge auf dem Sinusmaassstabe in den Zirkel, trägt diese von A nach G hin ab und bestimmt auf AC den Punkt F, in welchem die durch G gezogene Höhenlinie mit AC zusammentrifft.

3. Nimmt man auf dem Zeitmaassstabe auf der dem Cosinus $59^0\,20'$ entsprechenden Linie die Länge des Cosinus $125^0\,8' =$ $- \cos.\ 54^0\,52'$ in den Zirkel und trägt diese auf AL von A aus nach I ab.

4. Trägt man den Abstand des Punktes I von AC, d. i. IH, von F nach K ab und erhält so in AK den Cosinus des gesuchten Abstandes als Linie.

5. Bestimmt man mittelst des Sinusmaassstabes den zu der Länge $A K$ als Cosinus gehörenden Winkel und findet hierdurch im vorliegenden Falle, dass $a = 53^0\ 30'$.

Die Länge des Bogens des grössten Kreises, welcher Stockholm und Ocholsk verbindet oder der kürzeste Abstand beider Orte beträgt also $53^0\ 50'$. Durch Multiplication dieser Zahl mit 15 erhält man 807,5, dieses ist der Abstand in geographischen Meilen ausgedrückt.

XIX. Bestimmung der Winkel, welche ein durch zwei Orte auf der Erdoberfläche gehender grösster Kreis mit den Meridianen jener Orte bildet.

(Segeln in grössten Kreisen.)

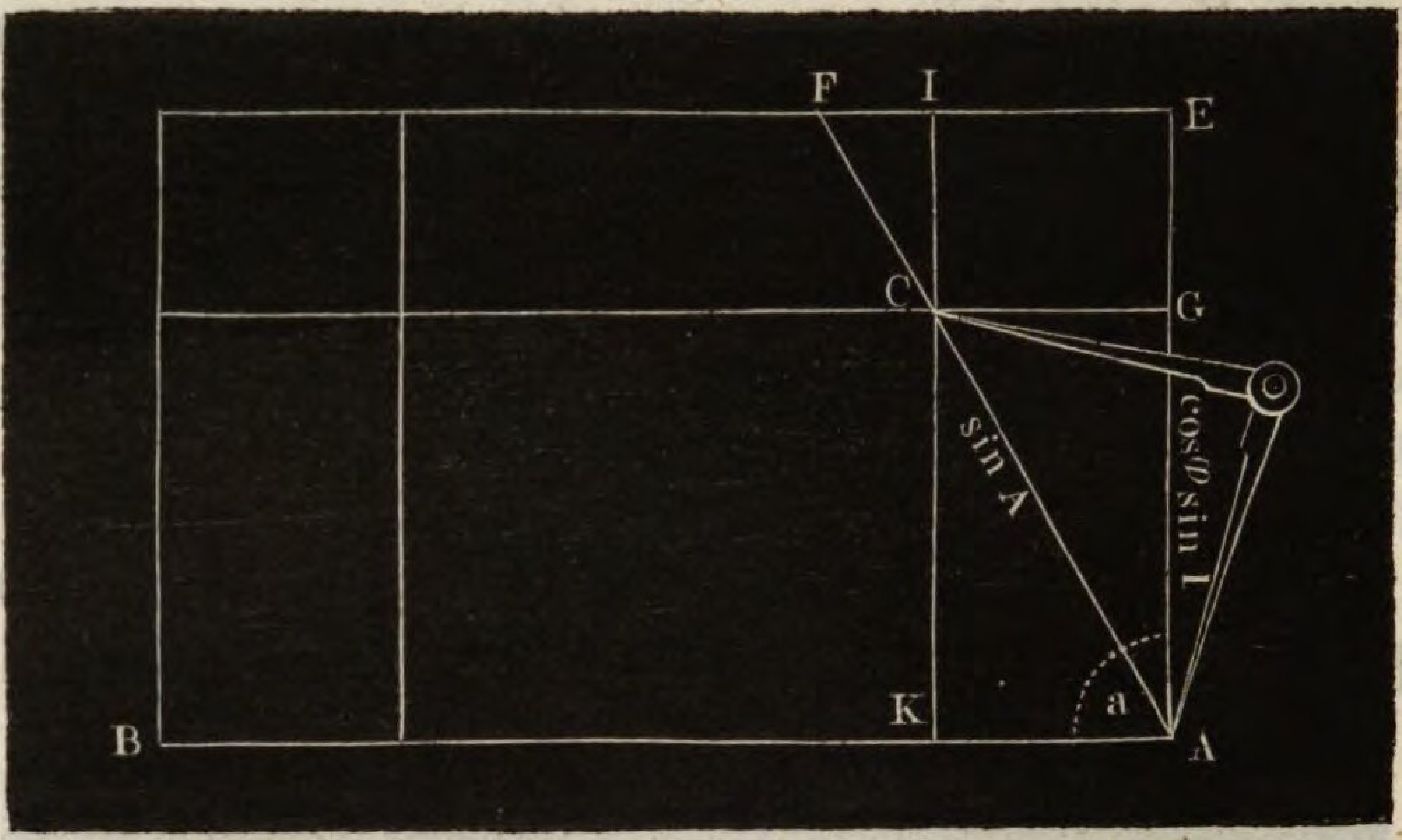
Die Auflösung der hier vorliegenden, sowie der voranstehen- 224
den Aufgabe kommt bei Entwerfung gewisser Arten von Landkarten, beim Segeln in grössten Kreisen u. s. w., zur Anwendung. Die jetzt zu bestimmenden Winkel sind mit dem Azimuth übereinstimmend, unter welchem der eine Ort von dem andern aus liegt. Die sphärischen Dreiecke, welche hier in Betracht kommen, sind mit denen der voranstehenden Aufgabe genau übereinstimmend, daher auch hier vier Fälle zu unterscheiden sind. Die beiden Orte liegen nämlich unter einem und demselben Meridian, oder unter dem Aequator, oder auf einem und demselben Parallel, oder endlich unter verschiedenen Parallelkreisen. Im ersten Falle liegt der eine Ort von dem andern genau Süd oder Nord, in dem zweiten Ost oder West. Im dritten und vierten Falle ist das Azimuth nach den Umständen verschieden.

Die Aufgabe, das Azimuth zu finden, unter welchem ein Ort von einem andern hinausliegt, lässt sich am einfachsten lösen, wenn der kürzeste Abstand beider Orte schon bekannt ist. Zuvörderst bestimmt man daher diesen letztern, wenn er nicht schon anderweitig gegeben ist. Darauf findet man das gesuchte Azimuth auf folgende Weise.

1. Zieht man die Linie $A F$ (Fig. 89 a. f. S.) so, dass der Winkel $B A F$ gleich dem in Graden und Minuten ausgedrückten kürzesten Abstande zwischen den beiden gegebenen Orten gleich wird, oder, was dasselbe, man macht $E A F = 90^0 - a$.

2. Nimmt man auf dem Zeitmaassstabe die Länge des Sinus des Längenunterschiedes auf der Linie, welche dem Cosinus der

Fig. 89.



Breite des andern Ortes entspricht und trägt diese auf AE von A nach G hin ab.

3. Bestimmt man auf AF den Punkt C, in welchem diese Linie von der durch G gezogenen Höhenlinie geschnitten wird.

4. Da nun AC die Länge des als Linie dargestellten Sinus des zu bestimmenden Winkels ist, so erhält man letzteren, wenn man AC in den Zirkel fasst und auf dem Sinusmaassstabe den entsprechenden Winkel bestimmt.

Anm. Unter Umständen ist es bequemer, den Winkel $EAF = a$ zu machen. In einem solchen Falle muss man aber $cos. \varphi' \; cos. \; l$ nicht auf AE, sondern von E nach I und von A nach K hin abtragen und KI ziehen, um den Punkt C zu finden, in welchem AF von IK geschnitten wird. Ist dieses ausgeführt, so hat man in AC ebenfalls die Länge des Sinus des gesuchten Azimuths.

225 Bestimmt man auf die angegebene Weise aus den für das Beispiel §. 220 gegebenen Grössen das Azimuth, unter welchem Berlin von Ferro aus liegt, so findet man 34° 37′. Dieses ist das vom Nordpunkte nach Osten hin gezählte Azimuth, das vom Südpunkte ausgehend gerechnete Azimuth beträgt 145° 23′.

Den Winkel, unter welchem die von Berlin aus nach Ferro gezogen gedachte Richtung den Meridian von Berlin schneidet, findet man = S 55° 43′ W oder N 124° 17′ W.

Für das Beispiel §. 223 findet man als Azimuth sowohl für Stockholm als Ochotzk = 31° 6′.

Anm. 1. Dem hier angegebenen Verfahren liegt die Proportion zum Grunde:

$$sin.\ A : sin.\ l = cos.\ \varphi : sin.\ a,$$

in welcher A das zu bestimmende Azimuth, l die Längendifferenz, φ das Complement des dem Azimuth gegenüberliegenden Bogens und a der kürzeste Abstand der beiden in Betracht kommenden Orte bezeichnet.

Anm. 2. Für die Zwecke der Nautik ist es erforderlich, das in Graden, Minuten u. s. w. angegebene Azimuth in Strichen und Viertelstrichen des Compasses anzugeben. Bei dieser Uebertragung wird man sich der Tafel XXIX. mit Vortheil bedienen.

XX. Bestimmung der veränderten Breite und Abweichung, wenn Curs und Distanz gegeben sind.

Der Längenmaassstab enthält 15 grössere Theile, von welchen 226
der oberste in 10 kleinere, und jeder dieser letzteren durch die Transversalen abermals in 10 Theile getheilt ist. Betrachtet man nun jeden der 15 grösseren Theile als 10 Seemeilen, so kann jede Länge bis zu 150 Seemeilen bis auf Zehntel einer Seemeile völlig genau bestimmt werden. Mittelst des Längenmaassstabes und des Diagramms lassen sich nun, wenn von den vier Grössen: Curs, Distanz, Breitenunterschied und Abweichung, zwei gegeben sind, die beiden anderen auf höchst einfache Weise bestimmen. Dieses führt auf sechs verschiedene Aufgaben. Von diesen soll hier nun die Auflösung einer einzigen, die durch die Ueberschrift bezeichnete nämlich, gezeigt werden. Unser Instrument ersetzt hierdurch die Tafel „der veränderten Breite und Abweichung“ sowohl für jeden Compassstrich und die Achtel eines solchen, als auch für jeden Grad. Die genannte Tafel nimmt in den nautischen Tafeln und Handbüchern einen Raum von nicht weniger als 60 enggedruckten Seiten in gross Octav ein. Bevor wir jedoch zur Anweisung der Auflösung der Aufgabe selbst übergehen, dürfte manchem unserer Leser erwünscht sein, die Bedeutung der Wörter Curs, Distanz u. s. w., sowie die der Aufgabe selbst kennen zu lernen.

Der Ort eines Schiffes auf dem Ocean ist völlig bestimmt, wenn dessen Länge und Breite bekannt ist. Die Länge und Breite lassen sich nur durch astronomische Beobachtungen genau bestimmen. Es kommen aber Tage, ja Wochen vor, wo der bedeckte

Himmel den Seefahrer verhindert, die zu der Ortsbestimmung nöthigen astronomischen Beobachtungen zu machen. In diesem Falle muss er sich begnügen, den Ort seines Schiffes, d. i. die Länge und Breite desselben, aus der Richtung und Länge des Weges, welchen das Schiff zurückgelegt hat, zu bestimmen. Die Richtung giebt der Compass an, die Länge wird aus den mit dem Logg angestellten Messungen abgeleitet. Bei diesem Verfahren die Lage zu bestimmen, kommen folgende Kunstwörter vor.

1. Der Curs. Dieses ist der Winkel, welchen die den Weg bezeichnende Linie mit dem Meridian bildet. Dieser wird gewöhnlich in Compassstrichen, aber auch in Graden angegeben. Segelt z. B. ein Schiff in der Richtung West-Nord-West, so ist sein Curs = 6 Strich = 67° 30′.

2. Die Distanz. Dieses ist die Zahl von Seemeilen, welche ein Schiff in einem geraden Curse gesegelt ist.

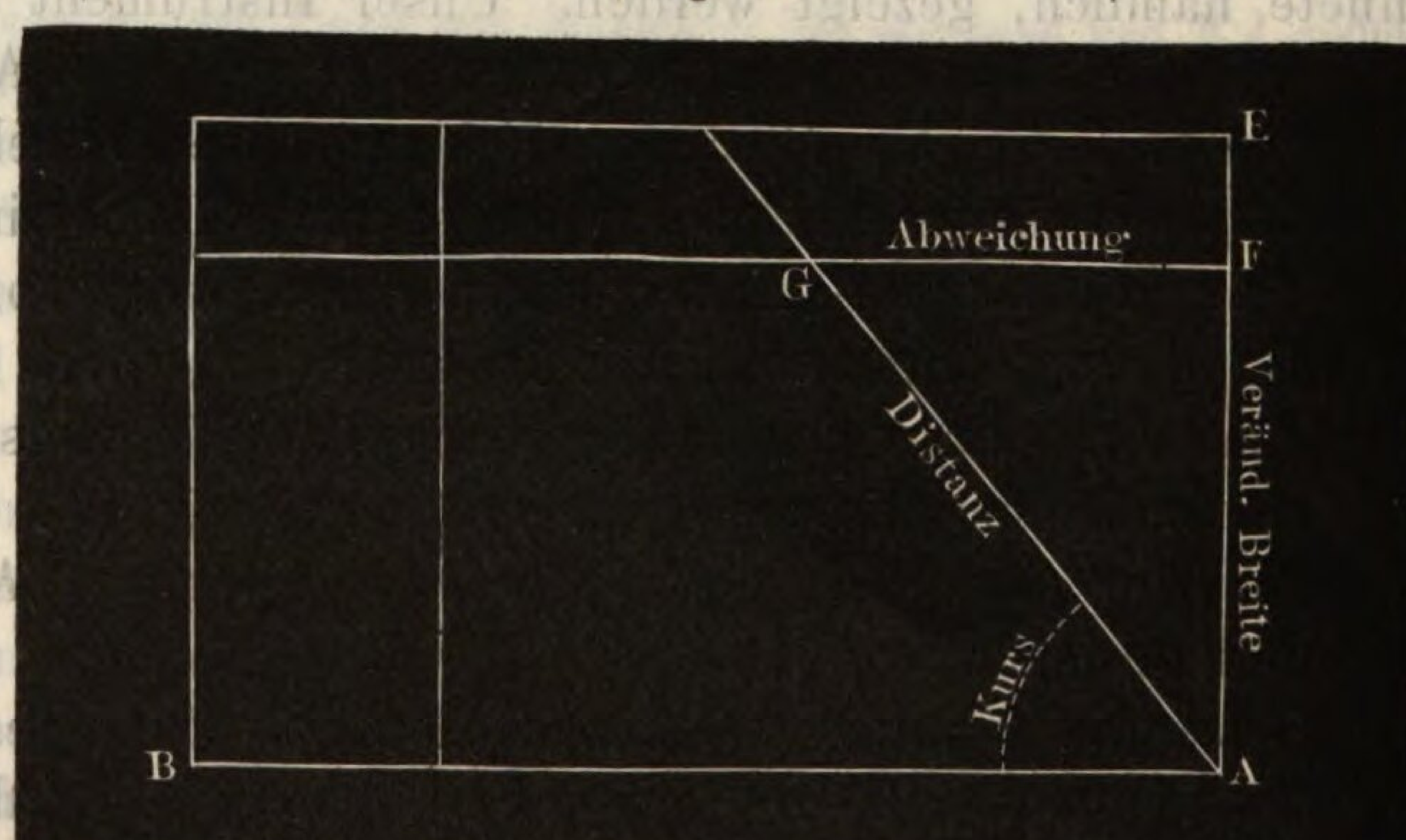
3. Der Breitenunterschied oder die veränderte Breite ist die Meilenzahl, um welche sich das Schiff durch den innegehaltenen Curs und die zurückgelegte Distanz von dem Orte, von welchem es ausfuhr, nach Norden oder Süden entfernt hat.

4. Die Abweichung endlich, ist die Anzahl von Seemeilen, um welche sich das Schiff durch den zurückgelegten Weg von dem Meridian des Abfahrtsortes entfernt hat.

Die Regel für die Bestimmung des Breitenunterschiedes und der Abweichung durch das Diagramm ist folgende.

1. Man ziehe *AG* (Fig. 90) so, dass der Winkel *FAG* dem Curse gleich ist.

Fig. 90.



2. Man trage die Distanz von A nach G hin ab und ziehe durch G die Höhenlinie.

3. Die Länge von AF, auf dem Längenmaassstabe bestimmt, giebt die veränderte Breite in Seemeilen.

4. Durch Vergleichung der Länge von GF mit den Theilen des Längenmaassstabes erhält man die Abweichung ebenfalls in Seemeilen.

Von den Seemeilen gehen 60 auf einen Grad, daher ist es leicht, aus der Anzahl von Seemeilen, welche man findet, zu sehen, um wie viel Grade und Minuten sich die Länge und Breite des Schiffes verändert hat.

Anm. 1. Wenn der Curs grösser als 45^0 oder 4 Strich ist, so zieht man AG so, dass Winkel GAB dem Curse gleich ist. In diesem Falle erhält man in AF die Abweichung, in GF aber die veränderte Breite.

Anm. 2. Ist die Anzahl der auf die Distanz kommenden Meilen grösser als 150, so zerlegt man die Zahl in eine Summe, deren erster Theil ein Einfaches oder Vielfaches von 150 ist, und deren zweiter Theil der Ueberschuss über 150 ist, bestimmt dann für 150 und den Ueberschuss die veränderte Breite und Abweichung, und setzt schliesslich aus den hierdurch gefundenen Zahlen die gesuchten Grössen zusammen.

Siebentes Buch.

Bestimmung der Breite,

der

Zeit, der Abweichung der Magnetnadel

und der Länge.

I. Bestimmung der Breite.

1. Bestimmung der Breite durch die Meridianhöhe der Sonne.

Die Beobachtung.

Die Ableitung der Breite aus der Meridianhöhe der Sonne 227
ist, weil *allein* von der Declination letzterer abhängig, am bequemsten auszuführen. Um die Höhe der Sonne zu bekommen, beginnt der Beobachter einige Minuten vor dem wahren Mittage mit der Messung. Man hält hierbei den Sextanten so, dass die Ebene desselben in dem Höhenkreise der Sonne liegt, und schiebt die Alhidade so weit vor, dass der Ober- oder Unterrand des Bildes die Kimm berührt. Wenn sich alsdann bei fernerem Steigen der Sonne das Bild derselben über die Kimm erhebt, so stellt man durch Verschieben der Alhidade die Berührung wieder her. In dem Augenblicke, in welchem man wahrnimmt, dass das Bild der Sonne rückgängig wird, stellt man die Alhidade fest und liest die beobachtete Höhe auf der Theilung ab.

Auf dem Festlande bedient man sich des künstlichen Quecksilber- oder Oelhorizonts. Durch Verschieben der Alhidade bringt man den Oberrand des Sonnenbildes im kleinen Spiegel mit dem Unterrande ihres Bildes, oder den Unterrand jenes mit dem Oberrande des Bildes im künstlichen Horizonte in Berührung, und stellt beim Steigen der Sonne auch hier die Berührung wieder her, bis die Sonne ihre rückgängige Bewegung beginnt. In dem Augenblicke, in welchem diese anfängt, stellt man die Alhidade

fest. Der Winkel, welchen man alsdann durch Ablesung findet, ist die doppelte Höhe des Ober- oder Unterrandes der Sonne. Nachdem man dieselbe wegen des Indexfehlers verbessert hat, dividirt man sie durch 2, und erhält so die scheinbare Höhe des Ober- oder Unterrandes.

Unter sehr hohen Breiten wird die Höhe der Sonne auch wohl bei ihrer untern Culmination gemessen. In diesem Falle folgt man der Sonne durch eine rückwärtsgehende Bewegung bei Aenderung ihrer Höhe, so lange letztere noch abnimmt, stellt die Alhidade fest, sobald die Sonne wieder zu steigen beginnt, und liest auf der Theilung den Winkel ab.

Durch das Vorschieben der Alhidade erhält dieselbe eine kleine Biegung. Diese wird bei gut gearbeiteten, mit feinen Schrauben versehenen Instrumenten, namentlich dem Säulensextanten, dann sehr merklich, wenn die Alhidade, nachdem sie durch die Bremsschraube festgesetzt ist, durch die Mikrometerschraube um einen nur etwas beträchtlichen Bogen fortbewegt wird. Man halte daher, nachdem man das Bild der Sonne mit der Kimm in Berührung gebracht und die Bremsschraube völlig gelöst hat, das Instrument so, dass die Alhidade vertical frei herabhängt; nachdem dieses geschehen, ziehe man die Bremsschraube wieder an und setze sie nun erst durch die Mikrometerschraube in die Bewegung, welche der der Sonne entspricht. Ich mache auf diese Durchbiegung der Alhidade um so mehr aufmerksam, da ich sie in keinem nautischen Handbuche erwähnt gefunden habe. Den aufmerksamen Beobachtern kann sie nicht wohl entgangen sein. Man versuche nur mit einem Instrumente, dessen Alhidade nicht unverhältnissmässig stark und schwer ist, oder bei welchem die Mikrometerschraube nicht vermittelst einer Spirale auf die Alhidade wirkt, nachdem man die Berührung des Randes der Sonne mit der Kimm im Augenblicke der Culmination durch die Mikrometerschraube bewirkt hat, dieses auch in den nächsten Minuten bei ihrem Sinken durch eine rückwärtsgehende Bewegung der Mikrometerschraube zu thun, und man wird bei allen feinen Instrumenten die Wirkung der Durchbiegung wahrnehmen.

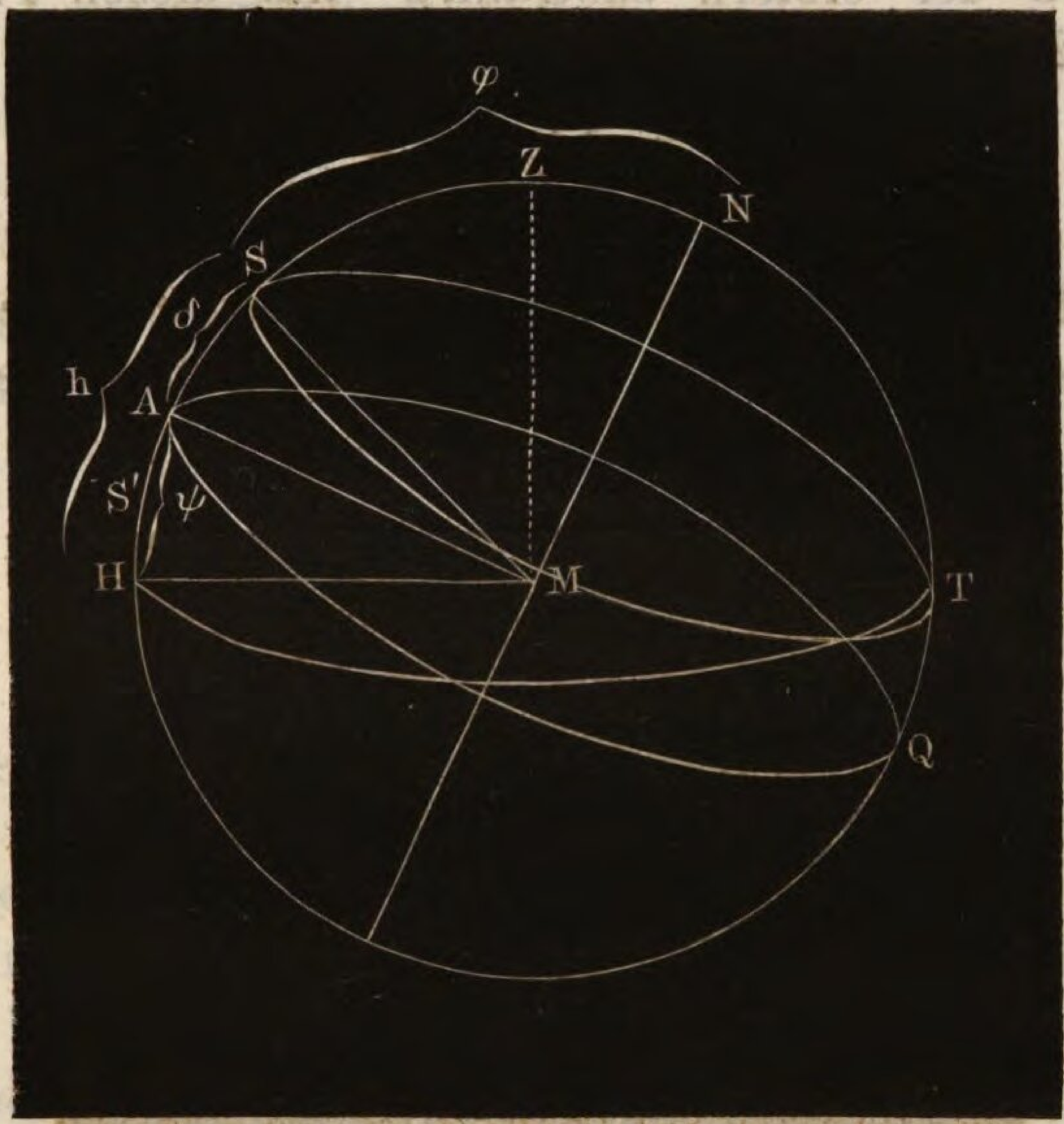
Regel für die Ableitung der Breite.

228 Die Regel für die Ableitung der Breite aus der Höhe des Mittelpunktes der Sonne und ihrer Declination, bei welcher beide

Grössen als bekannt vorausgesetzt werden, ergiebt sich aus folgender Betrachtung.

Es sei der Kreis *HANTQ* (Fig. 91) der Meridian, *HT* der Horizont, *AQ* der Aequator, *N* der am sichtbaren Theile des

Fig. 91.



Himmels befindliche Pol, *Z* das Zenith, *S* das Gestirn, *HS* die Höhe des Gestirns $= h$, *ZS* seine Zenithdistanz $= Z$, *AS* seine Declination $= \delta$, *AZ* die Breite $= \varphi$. Es ist, wenn die Declination der Sonne nördlich ist, sie sich also in *S* befindet:

$$AZ = ZS + SA$$
$$\text{oder} \quad \varphi = Z + \delta.$$

Wenn die Declination der Sonne aber südlich ist, wenn sie sich also in *S'* befindet, so ist:

$$AZ = ZS' - AS'$$
$$\text{oder} \quad \varphi = Z' - \delta.$$

Die Zenithdistanz *Z*, oder *Z'* ist das Complement der Höhe des Gestirns, d. i. $90 - h$. Man nennt sie nördlich, oder südlich, je nachdem das Zenith des Beobachters nördlich, oder südlich von der Sonne liegt. Die Zenithdistanz wird demnach nördlich genannt, wenn die Sonne bei Beobachtung ihrer Höhe über dem nach Süden hin liegenden Theile des Horizonts, südlich aber, wenn sie über dem nach Norden hin liegenden Theile des Hori-

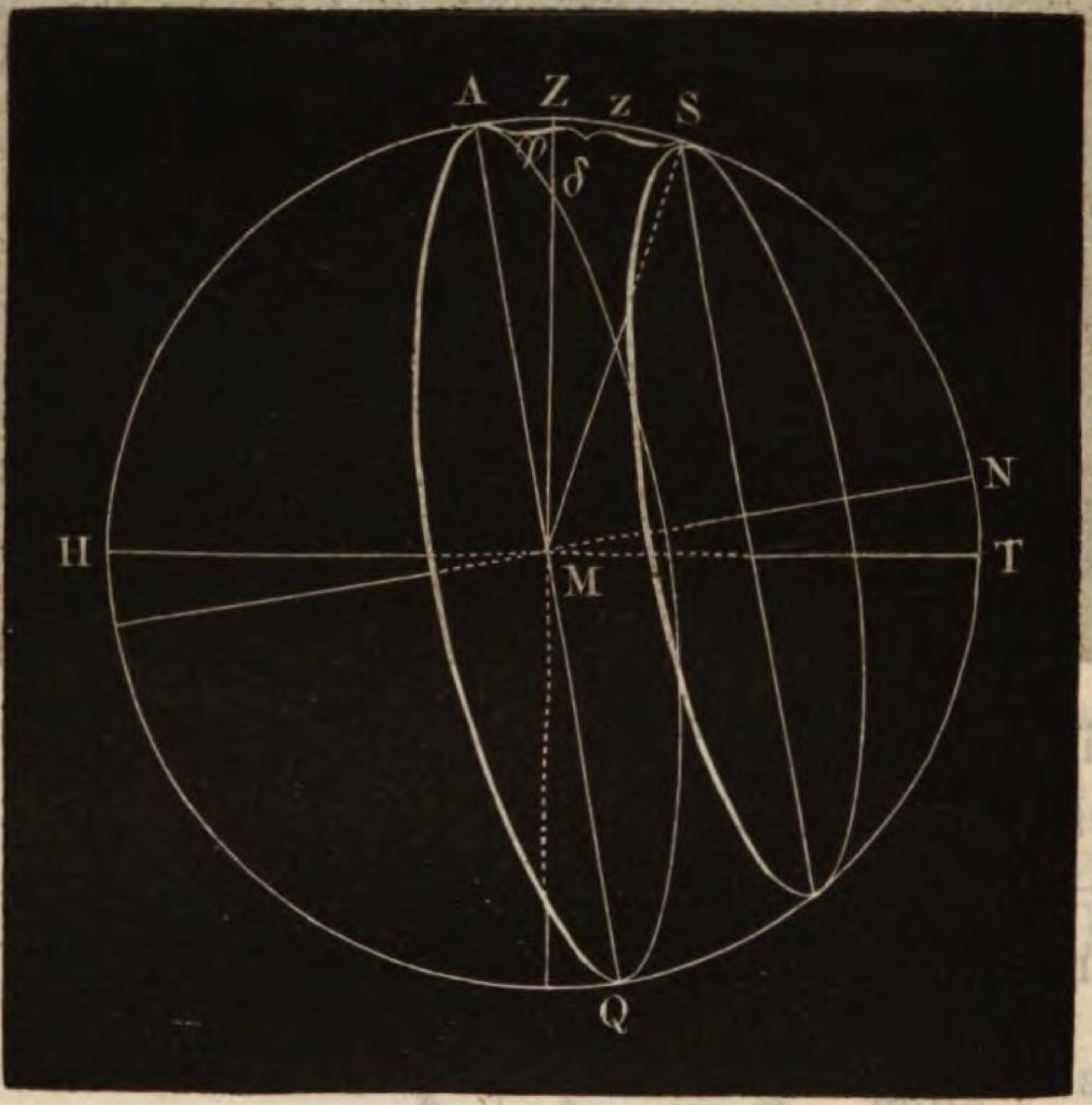
zonts stand. Die Bezeichnung der Zenithdistanz eines Gestirns ist immer mit der Richtung des Schattens gleichnamig, welchen das Licht des beobachteten Himmelskörpers verursacht.

In niedrigen Breiten ereignet es sich wohl, dass die Declination grösser ist, als die Zenithdistanz. In diesem Falle wird die letztere von der erstern subtrahirt. Auf diesen Fall bezieht sich Fig. 92. Es ist hier:

$$AZ = AS - ZS$$
$$\text{oder} \quad \varphi = \delta - Z.$$

Die allgemeine Regel für die Bestimmung der Breite aus der bei der obern Culmination beobachteten Höhe eines Gestirns

Fig. 92.



heisst: Wenn die Declination und Zenithdistanz gleichnamig sind, so ist die Breite gleich der Summe beider; wenn die Declination und Zenithdistanz aber ungleichnamig sind, so ist sie der Differenz beider gleich und zwar stimmt sie dem Namen nach mit der grössern von beiden überein.

229 Beispiel. Am 22. August 1856 wurde 8° 36′ östlich von Greenwich die Meridianhöhe des untern Randes der Sonne 46° 36′ gefunden. Die Höhe des Auges war 14′, der Indexfehler betrug — 1′ 20″. Es soll die Breite berechnet werden.

a. Bestimmung der wahren Höhe der Sonne.

Beobachtete Höhe	46° 36′ 0″
Indexfehler	1′ 20″
Verbesserte Höhe	46° 34′ 40″
Kimmtiefe (Taf. VIII.)	3′ 44″
Scheinbare Höhe des untern Randes	46° 30′ 56″
Mittlere Refraction (Taf. IX.) — 54,8″ } Parallaxe (Taf. XII.). . . . + 5,5″ }	— 49″
Wahre Höhe des Unterr. der Sonne	46° 30′ 7″
Halbmesser der Sonne (Taf. V.) . . .	15′ 52″
Wahre Höhe d. Mittelpunktes d. Sonne	46° 45′ 59″.

b. Ableitung des Declination.

In zweiter Stelle muss die Declination der Sonne bestimmt werden.

Die Beobachtung geschah am 22. August im wahren Mittage	22^d 0^h 0^m
Die Zeitgleichung ist	+ 3^m
Mittlere Zeit am Orte der Beobachtung.	22^d 0^h 3^m
Länge östlich von Greenwich 8° 36′ . .	32^m
Zeit zu Greenwich	21^d 23^h 31^m.
Für diese Zeit erhält man die Declination aus Taf. II, wenn man zu ihr die in Taf. I. neben 1856 stehenden	24^h 45^m
addirt *), und dann für	23^d 0^h 16^m
die Declination bestimmt.	
Declination August 23. 0^h 0^m (Taf. II.) =	11° 39′ 51″
Stündliche Bewegung 50,9″ × 16/60 . .	13″
Declination für den wahren Mittag am Orte der Beobachtung	11° 39′ 38″

*) Es ist zu bemerken, dass wenn im Jahre 1856 die Declination für einen Tag im Januar, oder Februar durch Tafel II. hätte bestimmt werden sollen, man die neben der Jahreszahl 1856 stehenden Stunden zuvörderst um 24 hätte vermindern müssen. Dasselbe muss für die beiden ersten Monate in jedem Schaltjahre geschehen.

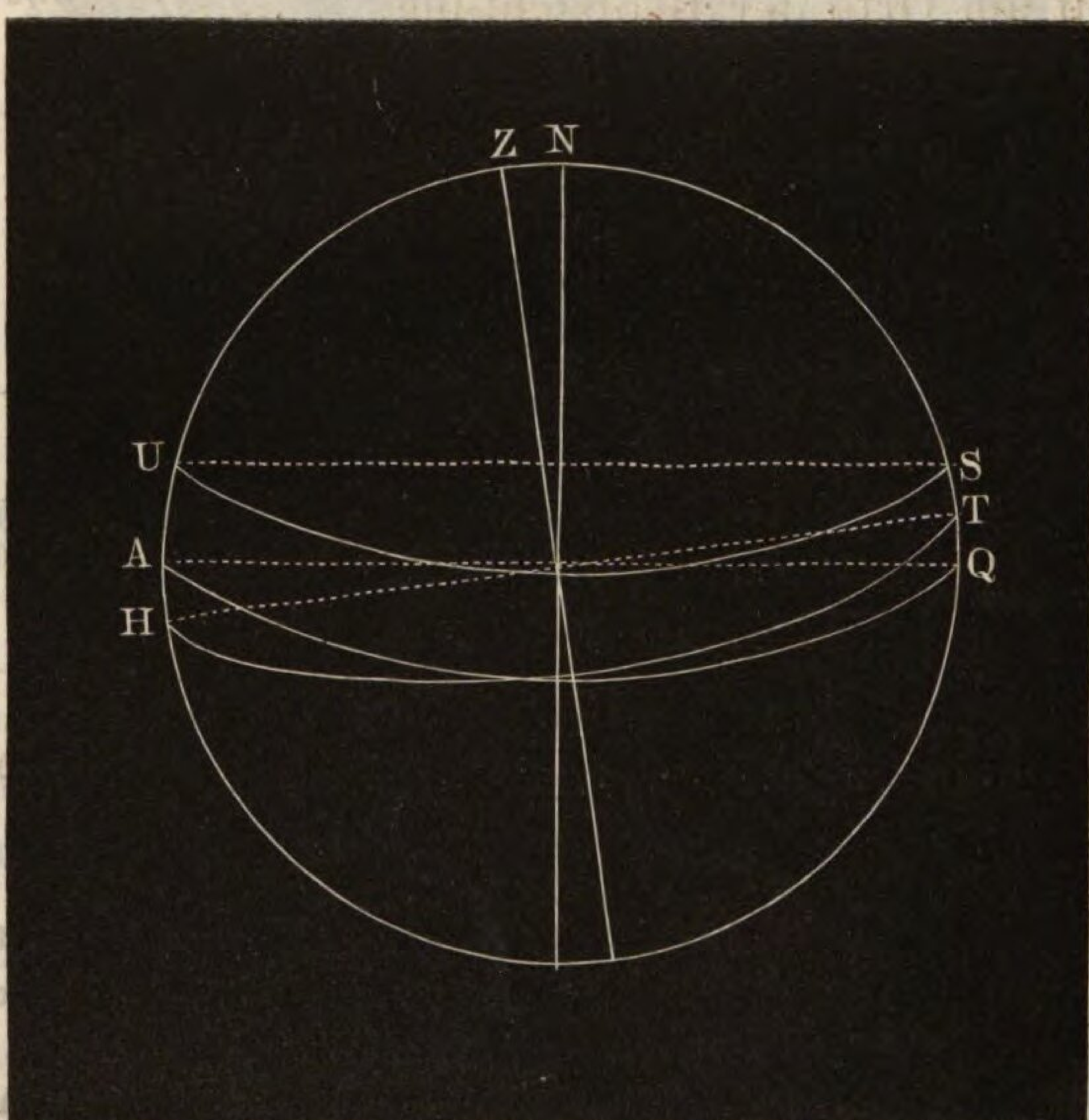
c. Bestimmung der Breite.

Von		$89^0\,59'\,60''$
abgezogen die wahre Höhe der Sonne		$46^0\,45'\,59''$
giebt	$Z =$	$43^0\,14'\,1''$
dazu addirt . . .	$\delta =$	$11^0\,39'\,38''$
giebt	$\varphi =$	$54^0\,53'\,39''$.

230 Nur wenn das Instrument, durch welches man die Höhe bestimmt, von vorzüglicher Güte ist, daneben aber der Beobachter die Ueberzeugung hat, dass die Messung mit der gehörigen Genauigkeit und Schärfe ausgeführt ist, darf er hoffen, die Breite bis auf eine einzelne Secunde genau zu erhalten. In diesem Falle leitet man die Declination aus den Angaben des „Nautical Almanac" oder eines andern astronomischen Jahrbuchs ab. Wenn hingegen die Messung mit einem Octanten, oder einem andern Instrumente geschehen ist, dessen Theilung nur eine Ablesung zulässt, welche bis auf eine, oder eine halbe Minute genau ist, so genügt die aus den Angaben der Tafel II. abgeleitete Declination vollständig.

231 Auf sehr hohen Breiten kann man die Breite auch aus der

Fig. 93.



Höhe ableiten, welche die Sonne bei ihrem untern Durchgange durch den Meridian hat. Für die Zenithdistanz der Sonne wird hier die Polardistanz derselben (§. 25) in die Rechnung eingeführt. Diese, NS (Fig. 93), ist gleich $NQ - SQ = 90^0 - \delta = p$. Durch Addition der Polardistanz NS und der Höhe der Sonne ST erhält man NT. Dieses ist aber die Polhöhe, welche der Breite gleich ist.

Beispiel. Am 1. Juli 1856, in 15⁰ westlicher Länge, hat 232
man den Unterrand der Sonne um Mitternacht beobachtet und 8⁰ 58′ gefunden. Die Höhe des Auges war 15′. Aus den angegebenen Grössen soll die Breite abgeleitet werden.

a. Bestimmung der wahren Höhe des Mittelpunktes der Sonne.

Beobachtete Höhe des Unterrandes der Sonne .	=	8⁰ 58′ 0″
Tiefe des Horizonts (Tafel VIII.)	=	3′ 52″
Scheinbare Höhe des untern Randes der Sonne	=	8⁰ 54′ 8″
Mittlere Refraction (Tafel IX.) = — 5′ 52″; Parallaxe (Tafel XII.) + 8″		5′ 44″
Wahre Höhe des untern Sonnenrandes	=	8⁰ 48′ 24″
Halbmesser der Sonne (Tafel V.)		15′ 46″
Wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne . . .	=	9⁰ 4′ 10″.

b. Ableitung der Declination.

Juli 1, wahre Zeit	12ʰ 0ᵐ
Zeitgleichung . .	3ᵐ
Mittlere Zeit . . .	12ʰ 3ᵐ
Länge westl. von Greenwich 15⁰ in Zeit	1ʰ 0ᵐ
Mittlere Zeit zu Greenwich .	13ʰ 3ᵐ
1856 (Argument Tafel I.) . .	24ʰ 45ᵐ
Juli 2.	13ʰ 48ᵐ.

Declination für Juli 2 (Tafel II.)	23⁰ 6′ 8″
Stündlicher Beweis 11,0″ × 13,8ʰ	2′ 32″
Declination Juli 1. 12ʰ unter 15⁰ westl. Länge	23⁰ 3′ 36″.

c. Berechnung der Breite.

Von		89° 59′ 60″
subtrahirt die Declination	=	23° 3′ 36″
giebt die Polardistanz	=	66° 56′ 24″
dazu addirt wahre Höhe der Sonne	=	9° 4′ 10″
giebt als Polhöhe oder Breite . .	=	76° 0′ 34″.

Bestimmung der Breite durch Beobachtung der Höhenänderung der Sonne, oder eines Fixsterns, wenn sich diese Himmelskörper im ersten Vertical befinden.

233 Durch das astronomische Diagramm lässt sich nach der Anweisung in §. 196 die Zeit leicht bestimmen, um welche sich die Sonne, oder jeder andere Stern, im ersten Vertical befindet. In §. 198 ist ferner gezeigt, wie man die Höhe findet, welche die Gestirne haben, wenn sie durch den ersten Vertical gehen. Hat man jene Zeit oder, was vorzüglicher, diese Höhe ermittelt, so lässt sich durch das folgende höchst einfache Verfahren, welches ich schon 1853 veröffentlicht habe, die Breite schnell und bequem bis auf eine Minute, mit Benutzung einer Terzienuhr aber bis auf Secunden, genau bestimmen.

234 Man beobachte, wenn sich die Sonne im, oder sehr nahe beim ersten Vertical befindet, mittelst einer Terzienuhr die über einer kleinen Aenderung in der Höhe der Sonne verfliessende Zeit, drücke die Aenderungen in Höhe und Zeit in Secunden (Terzien) aus und multiplicire letztere mit 15. Der Quotient, welchen man erhält, wenn man die Höhenänderung durch das genannte Product dividirt, ist gleich dem Cosinus der Breite. Sicher und bequem ist es hierbei, die Zeit zu beobachten, welche verfliesst, während sich die Höhe der Sonne Vormittags um ihren Durchmesser vergrössert, oder Nachmittags um eben soviel vermindert.

Auf dem Meere stellt man die Alhidade des Sextanten so, dass des Morgens der Oberrand der Sonne etwas unter, Nachmittags aber, dass ihr Unterrand etwas über der Kimm steht, wartet dann den Augenblick ab, in welchem der Sonnenrand die Kimm berührt und bemerkt sich zugleich nach der Uhr die Zeit oder setzt, insofern man mit einer Terzienuhr beobachtet, diese in Bewegung.

Alsdann wartet man bis im erstern Falle der Unterrand der Sonne, im letztern der Oberrand mit der Kimm zusammentrifft, und beobachtet auch hierfür das entsprechende Zeitmoment. Aus der über dieser Beobachtung verflossenen Zeit und dem Bogen, um welchen die Sonne ihre Höhe verändert hat, welcher hier genau dem Durchmesser der Sonne gleich ist, wird dann mittelst der Formel

$$\frac{dh}{15 \, . \, dt} = cos. \varphi,$$

in welcher dh die Aenderung der Höhe der Sonne, dt aber die darüber verflossene Zeit bezeichnet, die Breite des Beobachtungsortes berechnet. Der Durchmesser der Sonne wird durch Messung ihres horizontalen Durchmessers bestimmt, oder besser aus einem astronomischen Jahrbuche entnommen. Auf dem Festlande, wo man sich zur Messung der Höhe der Sonne mittelst des Sextanten des künstlichen Horizonts bedient, beobachtet man die Zeit, welche zwischen dem Contacte des Oberrandes der Sonne mit dem Unterrande des Bildes im künstlichen Horizonte und dem Contacte des Unterrandes mit dem Oberrande verfliesst.

Beispiel. 1853, Juli 3, beobachtete ich mittelst eines Reflexions-Prismenkreises und des künstlichen Horizonts folgende Sonnenhöhen. Die Zeit wurde in Ermangelung einer Terzienuhr nach einem halbe Secunden zeigenden Chronometer aufgezeichnet:

$4^h\,43^m\,34{,}0^s$ *P. M.* Höhe des Unterrandes der Sonne $= 30^0\,15'\,0''$
$4^h\,47^m\;\;5{,}5^s$ „ „ „ „ Oberrandes „ „ $= 30^0\,15'\,0''$

$3^m\,31{,}5^s = 211{,}5^s =$ Zeitunterschied.

Es ist folglich $31'\,32'' = 1892'' =$ Unterschied der Höhe.

Nehmen wir an, die Sonne habe zur Zeit der Beobachtung genau im ersten Vertical gestanden, und berechnen wir dann die Breite nach der Formel

$$cos. \varphi = \frac{dh}{15\, dt},$$

so finden wir:

$$\begin{aligned} log.\ 1892 &= 3{,}2769211 \\ Cp.\ log.\ \ 15 &= 8{,}8239087 \\ Cp.\ log.\ 211{,}5 &= 7{,}6746896 \\ \hline log.\,cos.\,\varphi &= 3{,}7755194 \\ \varphi &= 53^0\,23'\,24''. \end{aligned}$$

Ein Resultat, mit welchem der Seemann schon zufrieden sein könnte.

Die Sonne stand aber zur Zeit der Beobachtung nicht genau im ersten Vertical, sondern ihr Azimuth war zur Zeit der Beobachtung 88° 20′; führen wir diesem gemäss die Rechnung nach der Formel

$$cos.\,\varphi = \frac{dh}{15\; dt\; sin.\,a},$$

so erhalten wir:

$$\begin{aligned} log.\;1892 &= 3{,}2769211 \\ Cp.\,log.\;15 &= 8{,}8239087 \\ Cp.\,log.\;211{,}5 &= 7{,}6746896 \\ Cp.\,log.\,sin.\,88^0\,20' &= 0{,}0001838 \\ \hline log.\,cos.\,\varphi &= 9{,}7757032 \\ \varphi &= 53^0\,22'\,16''. \end{aligned}$$

Dieses Ergebniss weicht nur noch um 6″ von der absoluten Genauigkeit ab.

Bei Anwendung einer gut construirten Terzienuhr und des aus dem „Nautical Almanac“ entnommenen, bis auf Zehntel genau angegebenen Halbmessers der Sonne wird der geübte Beobachter durch die angegebene Methode immer ein Resultat erhalten, welches für die Praxis völlig genügt.

Weil hier bei der Rechnung der Indexfehler, die Kimmtiefe, die Refraction und Parallaxe gar nicht in Betracht kommen und auch die Aenderung der Declination der Sonne nur einen geringen Einfluss ausübt; so ist die obige Methode viel einfacher als eine der bisher bekannten; ja man darf behaupten, dass keine einfachere gefunden werden kann.

Für die Seefahrt kann sie von der grössten Bedeutung werden und die durch sie gewonnene Zeit und Arbeit wird dem Piloten die Kosten einer Terzienuhr mehr als hundertfältig aufwiegen.

Wenn es sich nur darum handelt, die Breite bis auf einige Minuten genau kennen zu lernen, so verdient das angegebene Verfahren, seiner Einfachheit wegen, auch dann den Vorzug vor jedem andern, wenn der Beobachter die Zeit auch nur durch eine gewöhnliche, aber mit Secundenzeiger versehene Taschenuhr bestimmen kann. Zu diesem Zwecke sind dann kurz vor, während und kurz nach der Zeit, zu welcher sich die Sonne im ersten Vertical befindet, auf die angegebene Weise Beobachtungen zu ma-

chen. Das Mittel aus den Breiten, welche sich aus den durch diese Beobachtungen gefundenen Zahlen ergeben, wird der Wahrheit sehr nahe kommen.

Die Douwes'sche Methode zur Bestimmung der Aussenmittagsbreite, welche in den nautischen Handbüchern eine so wichtige Rolle spielt und bei den Seeleuten sehr üblich sein soll, lässt die Breite, ungeachtet der weitläufigen und zeitraubenden Rechnung, auch auf mehrere Minuten ungewiss. Fasst aber der Sachkundige andererseits die Berechnung der Aussenmittagsbreite nach den Formeln von Hazewinkel, und die Daten, worauf sich die Rechnung stützt, namentlich die Zeitbestimmung, schärfer ins Auge, so wird derselbe leicht gewahr, welchen Grad von Genauigkeit er ungeachtet der geschlossenen algebraischen Ausdrücke, nach welchen gerechnet wird, von dem Endresultate erwarten kann.

Der Grund, worauf das im Voranstehenden angegebene Ver- 235
fahren ruht, ist aus folgender Betrachtung ersichtlich.

Gestirne, welche im ersten Vertical stehen oder ihm sehr nahe sind, ändern ihre Höhe fast genau der Zeit proportional. Wenn nämlich der Stundenwinkel t in $t + dt$ übergeht und sich dabei die ihm entsprechende Zenithdistanz z in $z + dz$ verändert, so ist für ein sehr kleines Zeitintervall dt nach dem Taylor'schen Lehrsatze:

$$dz = \left(\frac{dz}{dt}\right) dt + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)\frac{dt^2}{1.2} + \left(\frac{d^3z}{dt^3}\right)\frac{dt^3}{1.2.3} + \dots$$

Differenziirt man nun die Formel

$$\cos. z = \sin. \varphi \sin. \delta + \cos. \varphi \cos. \delta \cos. t$$

nach z und t, so erhält man:

$$\frac{dz}{dt} = \cos. \varphi \cos. \delta \frac{\sin. t}{\sin. z} = \cos. \varphi \sin. a.$$

Differenziirt man aber diesen letzten Ausdruck, so erhält man:

$$\frac{d^2z}{dt^2} = \cos. \varphi \cos. a \left(\frac{da}{dt}\right).$$

Es ist ferner:

$$- \sin. z \cos. a = - \cos. \varphi \sin. \delta + \sin. \varphi \cos. \delta \cos. t;$$

setzt man hierin

$$\sin. z = \frac{\cos. \delta \sin. t}{\sin a},$$

so erhält man:

$$\operatorname{cotg}. a = \frac{\cos. \varphi \operatorname{tg}. \delta - \sin. \varphi \cos. t}{\sin. t},$$

und wenn man diese Gleichung nach a und t differenziirt, so kommt

$$\frac{da}{dt} = cos.\, q \frac{cos.\, \delta}{sin.\, z}.$$

Folglich ist

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = cos.\, \varphi.\ cos.\, a\ cos.\, q \frac{cos.\, \delta}{sin.\, z}.$$

Wenn z nicht $= 0$ ist, so wird dieser letztere Ausdruck $= 0$, wenn $a = 90^0$ oder $a = 270^0$ ist:

$$dz = \left(\frac{dz}{dt}\right) dt + \left(\frac{d^2 z}{dt^2}\right) \frac{dt^2}{2} + \ldots$$

geht aber alsdann in

$$dz = cos.\, \varphi\ sin.\, a\, dt \text{ über.}$$

Unter derselben Voraussetzung aber, dass nämlich $a = 90^0$, oder $a = 270^0$, wird

$$dz = cos.\, \varphi\ dt$$

und

$$dh = -\ cos.\, \varphi\ dt.$$

Rechnet man nun das Azimuth, von Süden ausgehend, über Westen fort, so ist, wenn $a = 90^0$ wird, dh negativ und folglich:

$$dh = cos.\, \varphi\ dt.$$

Wird aber a grösser als 180^0, so wird zwar dh positiv, aber $sin.\, a$ negativ, also auch in diesem Falle ist

$$dh = cos.\, \varphi\ dt.$$

Durch den Ausdruck $dh = cos.\, \varphi\ dt$ erhält man die Aenderung der Höhe für ein sehr kleines dt bis auf die Grösse der dritten Ordnung genau. Die Gestirne ändern folglich, wenn sie sich im ersten Vertical befinden, ihre Höhe und also auch ihre Zenithdistanz der Zeit proportional. Zugleich aber ergiebt sich, dass

$$\frac{dh}{dt} = cos.\, \varphi.$$

236 Wenn es möglich wäre, dh und dt wirklich als verschwindend oder unendlich kleine Grössen zu beobachten, so würde man durch sie auch φ absolut genau erhalten. Da dieses aber nicht möglich, so muss die Beobachtung auf eine Höhenänderung gerichtet sein, welche so klein als nur immer möglich. Den Einfluss, welchen die bei Beobachtung von dh und dt gemachten Fehler auf die aus ihnen abgeleitete Breite haben, kann man mit Hülfe der Gleichungen berechnen, welche man erhält, wenn man $dh = cos.\, \varphi\ dt$

aufs neue differenziirt. Man erhält dadurch für den bei Bestimmung der Höhe gemachten Fehler:

$$d\varphi = \frac{d(dh)}{dh} \cdot cotg.\,\varphi,$$

in Beziehung auf die Zeit aber:

$$d\varphi = \frac{d(dt)}{dt} \cdot cotg.\,\varphi.$$

Die Breite wird somit durch jede Unrichtigkeit von dh oder dt sehr bedeutend afficirt. Es mag indess in Beziehung hierauf bemerkt werden, dass das Ergebniss einer auf die eben angegebene Weise angestellten Beobachtung, durch welche ein Werth für φ gefunden würde, welcher bedeutend mehr wie 3 Minuten von dem wahren Werthe verschieden wäre, auch als untauglich zur genauen Bestimmung des Standes eines Chronometers verworfen werden müsste.

Wenn Jemand nach seiner Geschicklichkeit und Fertigkeit im Beobachten geprüft werden soll, so ist dazu neben der Aufgabe, die zur Bestimmung der Länge durch Monddistanzen erforderlichen Messungen auszuführen, die Aufgabe, die zur Bestimmung der Breite nach der voranstehenden Methode erforderlichen Beobachtungen zu machen, ganz vorzüglich.

Die Verwerthung der folgenden Beobachtungen nach unserer 237
Methode, welche aus dem trefflichen „Abriss der praktischen Astronomie von Sawitsch“ entlehnt sind, werden Jedem einen Anhaltspunkt darbieten, wenn es sich darum handelt, zu beurtheilen, in wie weit die Ergebnisse der voranstehenden theoretischen Betrachtung mit der Praxis übereinstimmen.

Beispiel. Um den Stand eines Chronometers, welches beinahe nach mittlerer Zeit ging, zu bestimmen, wurden zu Alexandria, einem Dorfe am Kaukasus, dessen nördliche Breite = 44° 13′ 40″ und östliche Länge von Greenwich = $2^h\ 53^m\ 25^s$ ist, am 14. Juli 1837 die Zenithdistanzen des Sternes (α Bootis) Arcturus im Westen, in der Nähe seines Durchganges durch den ersten Vertical gemessen.

Bei der Mitte der Beobachtung war der Barometerstand = 29 . 11 englische Zoll; inneres Thermometer = + 17° 6′ R.; äusseres Thermometer = + 12 . 6 R.

Am 14. Juli 1837 war die nördliche Declination des Arcturus = δ = 20° 2′ 0 . 0″. Das Endergebniss der Messung war:

Scheinbare Zenithdistanzen.		Chronometerzeiten.
1. $57^0\ 0'\ 33{,}5''$		$10^h\ 31^m\ 11{,}5^s$.
2. $58^0\ 13'\ 41{,}9''$		$10^h\ 37^m\ 59{,}5^s$.
3. $59^0\ 22'\ 7{,}2''$		$10^h\ 44^m\ 21{,}0^s$.
4. $60^0\ 9'\ 48{,}2''$		$10^h\ 48^m\ 47{,}0^s$.

Leitet man aus 1. und 2. unter Berücksichtigung der Temperatur und des Barometerstandes die wahren Höhen ab und drückt man zugleich das Zeitintervall in Sternzeit aus, so erhält man:

$$dh = 1^0\ 13'\ 13{,}58'' = 4393{,}58''$$

und $$dt = 6^m\ 49{,}022^s = 409{,}022^s \text{ Sternzeit.}$$

Es ist

$$\begin{aligned} log.\ 4393{,}58'' &= 3{,}6428185 \\ Cp.\ log.\ 409{,}022 &= 7{,}3882534 - 10 \\ Cp.\ log.\ 15 &= 8{,}8329087 - 10 \\ \hline log.\ cos.\ \varphi &= 9{,}8549806 - 10 \\ \varphi &= 44^0\ 15'\ 56''. \end{aligned}$$

Aus den Beobachtungen 2. und 3. erhält man $dh = 1^0\ 8'\ 29{,}42'' = 4109{,}42''$ und $dt - 6^m\ 22{,}55^s = 382{,}55^s$.

Hieraus folgt:

$$\begin{aligned} log.\ 4109{,}42 &= 3{,}6137805 \\ Cp.\ log.\ 382{,}55 &= 7{,}4173118 - 10 \\ Cp.\ log.\ 15 &= 8{,}8239087 - 10 \\ \hline log.\ cos.\ \varphi &= 9{,}8550010 - 10 \\ \varphi &= 44^0\ 15'\ 41''. \end{aligned}$$

Das Ergebniss der Beobachtungen 3. und 4. ist $dh = 47^0\ 44{,}1'' = 2864{,}1''$ und $dt = 4^m\ 26{,}73^s = 266{,}73^s$. Durch diese Zahlen erhält man:

$$\begin{aligned} log.\ 2864{,}42 &= 3{,}4570367 \\ Cp.\ log.\ 266{,}73 &= 7{,}5739281 - 10 \\ Cp.\ log.\ 15 &= 7{,}8239087 - 10 \\ \hline log.\ cos.\ \varphi &= 9{,}8548735 - 10 \\ \varphi &= 44^0\ 16'\ 46''. \end{aligned}$$

Das aus den Beobachtungen 2. und 3. hervorgegangene Resultat ist das genaueste. Aber auch hier stand Arcturus nicht genau im ersten Vertical, sondern das Azimuth desselben war $88^0\ 16'\ 12''$. Berücksichtigt man dieses und rechnet man nun nach der Formel

$$cos.\ \varphi = \frac{dh}{15\ dt\ sin.\ a},$$

so erhält man:

$$\log.\left(\frac{dh}{15\ dt}\right) = 9{,}8550010 - 10$$
$$\log.\ sin.\ a = 9{,}9998019 - 10$$
$$\log.\ cos.\ \varphi = 9{,}8551991 - 10$$
$$\varphi = 44^0\ 14'\ 5''.$$

Dieses Ergebniss ist von der wahren Breite noch 25 Secunden verschieden.

Die Abweichungen bei 1. und 2. sowie bei 3. und 4. sind etwas grösser. Der Grund hiervon liegt in den Beobachtungen und hat sich auch bei Bestimmung des Chronometerfehlers geltend gemacht. Während nämlich die Berechnung des Standes des Chronometers aus 2. und 3. ergeben, dass dasselbe um $19^m\ 20{,}5^s$ zu spät gegen mittlere Zeit war, folgt für seinen Stand aus 1.: $19^m\ 20{,}9^s$, aus 4. aber: $19^m\ 20{,}0^s$.

Bei Betrachtung der soeben für die Breite gefundenen Werthe darf man ferner nicht aus dem Auge verlieren, dass die Zeit- und Höhenunterschiede, von welchen ausgegangen wurde, nichts weniger als verschwindend klein sind.

Die auf dem Meere durch eine Beobachtung der Meridianhöhe der Sonne bestimmte Breite bleibt, auch abgesehen von allen Irrthümern, welche sonst noch bei der Messung vorkommen können, schon allein wegen der terrestrischen Refraction in jedem Falle bis auf 3 Minuten unsicher. Bei unserer Methode bleibt diese Fehlerquelle ganz ohne Einfluss.

Ausgerüstet mit einer Terzienuhr und einem zum Sextanten gehörigen Fernrohre, in dessen Brennpunkte ein System von Fäden ausgespannt ist, welche 6′ von einander abstehen, wird der im Observiren geübte Seemann durch die im Voranstehenden entwickelte Methode zu jeder Zeit, bei Tag oder Nacht, ein für seine Praxis völlig genügendes Resultat erhalten.

Bestimmung der Breite durch den Polarstern.

Die Formel, mittelst welcher die Breite aus der durch Beob- 238
achtung gefundenen Höhe des Polarsterns abgeleitet wird, ist oben §. 63 entwickelt.

Durch die im „Nautical Almanac“ mit *Tables for determining the Latitude by observations of the Pole star out of the Meridian*, oder

in dem „Nautischen Jahrbuche“ von Bremiker mit Bestimmung der Breite nach der Höhe des Polarsterns überschriebenen Tafeln wird die Rechnung nach jener Formel sehr vereinfacht. Die Anwendung aber, welche man von den in den genannten Tafeln enthaltenen Zahlen bei der Correction der gemessenen Höhen macht, ist aus den Argumenten jener Tafeln ohne Weiteres ersichtlich.

Die Beobachtung betreffend, so ist noch zu bemerken, dass, wenn die Umstände der Art sind, dass bei klarem Horizont bei der Messung der Höhe des Polarsterns es etwas schwierig ist, sein reflectirtes Bild zur Kimm herab und damit zur Coincidenz zu bringen, es vortheilhaft sein kann, den Sextanten so zu halten und die Alhidade so zu drehen, dass die Kimm zum Polarsterne hinaufgebracht wird, dieser letztere also der direct gesehene Gegenstand ist.

II. Bestimmung der Zeit.

1. Bestimmung der wahren und mittlern Zeit sowie des Standes der Uhr durch Beobachtung correspondirender Höhen.

239 Die bequemste und sicherste Methode, um die Zeit für einen auf dem Festlande liegenden Ort zu bestimmen, sowie sich über den Stand und Gang eines Chronometers zu vergewissern, ist die der Beobachtung correspondirender Höhen.

Diese Methode besteht darin, dass man die Höhe eines Sternes vor seinem Durchgange durch den Meridian durch einen Winkelmesser feststellt und für denselben Augenblick die Zeit der Uhr aufzeichnet; dann, nach dem Durchgange des Sterns durch den Meridian, die Zeit abwartet, wenn er wieder dieselbe Höhe erreicht. Der Augenblick des Durchganges des Sterns durch den Meridian liegt in der Mitte zwischen den beiden Augenblicken, in welchen der Stern vor und nach seiner Culmination dieselbe Höhe hatte. Wenn nun die Zeit, um welche der Stern durch den Meridian gehen muss, noch auf eine andere Weise bestimmt werden kann, so giebt die Vergleichung der Mittelzeit, welche man aus den bei den Beobachtungen aufgezeichneten Uhrzeiten abgeleitet

hat, mit der anderweitig bestimmten Culminationszeit ein Mittel an die Hand, um den Stand der Uhr bestimmen zu können.

Die Höhe des Sterns selbst braucht man bei diesem Verfahren nicht zu kennen, wohl aber muss man sich vergewissert haben, dass er bei beiden Beobachtungen genau dieselbe Höhe hatte.

Um ein genaues Resultat zu erhalten, ist erforderlich, dass die Uhr, an welcher die Zeiten beobachtet wurden, in der zwischen beiden Beobachtungen verfliessenden Zeit einen gleichförmigen Gang hatte. Wenn dieses nicht der Fall ist, so muss man die Abweichung derselben kennen.

Am vortheilhaftesten ist es auch hier, die Beobachtungen um die Zeit anzustellen, um welche sich das Gestirn in der Nähe des ersten Verticals befindet, nur darf dann die Höhe nicht geringer als 5° sein. Ist eine Messung in der Nähe des ersten Verticals nicht zulässig, so kann man die Messungen auch später vornehmen. Bis zu der Zeit, dass der Stundenwinkel des Gestirns noch nicht bedeutend kleiner als zwei Stunden ist, hat man hierbei freien Spielraum.

Wenn man bei diesen Messungen den Spiegelsextanten an- **240**
wendet, so schraubt man, der grössern Schärfe wegen, das astronomische Fernrohr auf und verfährt auf folgende Weise. Beim Anfange der auf die Sonne gerichteten Beobachtung am Vormittage giebt man der Alhidade die Lage, dass das vom Spiegel des Instruments reflectirte Bild der Sonne sich mit dem Bilde im künstlichen Horizonte zugleich im Gesichtsfelde des Fernrohrs befindet und zwar so, dass ersteres unter letzterem liegt. Dann stellt man die Alhidade so ein, dass der Nullpunkt des Nonius genau mit einem naheliegenden Theilstriche des Limbus zusammenfällt. Beim Steigen der Sonne werden sich nun beide Bilder einander immer mehr nähern. Für den Augenblick, in welchem der Oberrand der Sonne mit dem ihm entsprechenden Rande des Bildes im künstlichen Horizonte in Berührung kommt, beobachtet man die Chronometerzeit und schreibt diese neben die Zahl von Graden und Minuten, welche die Höhe angiebt. Hierauf führt man die Alhidade so weit fort, dass sie wieder genau mit dem 20 Minuten entfernten Theilstriche zusammenfällt, wartet aufs Neue den Augenblick der Berührung beider Bilder ab und zeichnet auch für diesen die Chronometerzeit auf. Nachdem man so drei oder auch mehrere doppelte Höhen des Oberrandes der Sonne beobachtet hat, lässt man die Alhidade in umgeänderter Lage und

wartet den Augenblick ab, in welchem sich der Unterrand des reflectirten Bildes von dem entsprechenden Rande des Bildes im künstlichen Horizonte trennt und zeichnet die Zeit auf. Dann führt man die Alhidade um 20 Minuten weiter, wartet aufs Neue den Augenblick der Berührung der Bilder ab, und setzt dieses so lange fort, bis man eine mit der Zahl der Oberrandshöhen übereinstimmende Menge von Unterrandshöhen ganz auf dieselbe Weise wie am Vormittage beobachtet und aufgezeichnet hat. Die Observationen am Nachmittage beginnt man mit Beobachtung der Höhe und des Randes, mit welcher man am Morgen endigte. Um die richtige Zeit nicht zu verpassen, um welche man mit den Nachmittagsbeobachtungen beginnen muss, bestimmt man mittelst der Zeitgleichung die Zeit, welche das Chronometer im wahren Mittage zeigen muss und legt zu dieser die Zahl von Stunden und Minuten, welche seit der letzten vormittägigen Beobachtung bis zu diesem Chronometermittage verflossen sind. Bei den Beobachtungen des Nachmittags verfährt man dann ebenso, wie des Vormittags, nur führt man hier die Alhidade von 20 zu 20 Minuten zurück und beobachtet bei jeder dieser Stellungen die Höhe desselben Randes der Sonne und die dazu gehörige Zeit wie Vormittags.

Uebrigens ist es nicht durchaus nöthig, eine so grosse Anzahl von Höhen des Unter- und Oberrandes der Sonne zu messen. Man thut dieses nur dann, wenn man befürchten muss, dass Nachmittags durch einzelne vor der Sonne vorüberziehende Wolken die eine und andere correspondirende Beobachtung vereitelt werden könnte. Glaubt man auf die Beständigkeit des Wetters und auf einen völlig heitern Himmel für den Nachmittag rechnen zu können, so ist folgendes Verfahren, bei welchem man völlig gewiss ist, Morgens und Nachmittags genau dieselbe Höhe beobachtet zu haben, das bei Weitem vorzüglichere. Man verfährt beim Anfange der Beobachtung genau so, wie oben gezeigt ist, und schraubt, wenn man die beiden Sonnenbilder im Fernrohre in solcher Lage erblickt, dass ihre Oberränder nur noch wenig von einander entfernt sind und der Nullpunkt des Nonius mit einem Theilstriche des Limbus zur Coincidenz gebracht ist, die Alhidade fest und bestimmt nun durch Beobachtung die Augenblicke, 1) wenn der Oberrand des reflectirten Sonnenbildes die Peripherie des Bildes im künstlichen Horizonte berührt; 2) wenn sich die beiden Bilder decken, und 3) wenn sich das reflectirte Sonnenbild mit

seinem Unterrande von der Peripherie des Spiegelbildes der Sonne im künstlichen Horizonte trennt. Hierauf legt man den Sextanten, ohne die Stellung der Alhidade zu ändern, bei Seite. Nachmittags bestimmt man durch Beobachtung mit dem unveränderten Instrumente den Augenblick, 1) wenn der Unterrand des reflectirten Bildes den Umfang des Bildes im künstlichen Horizonte berührt; 2) wenn sich beide Bilder decken, und 3) wenn das reflectirte Bild sich von dem Bilde im künstlichen Horizonte trennt. Auf diese Weise erhält man durch sechs Beobachtungen drei Paar correspondirender Sonnenhöhen, ohne dass die Lage der Alhidade auf dem Instrumente im geringsten geändert ist; dadurch aber kann man die Zeit viel genauer bestimmen, als durch eine grössere Zahl von Beobachtungen, bei welchen die Alhidade stetig verschoben werden muss. Wenn man im Besitz eines zweiten Reflexionsinstruments ist, so kann man den obigen drei Paaren correspondirender Sonnenhöhen noch eine neue Dreizahl beifügen, welche ebenso genau ist. Das Glasdach, mit welchem der künstliche Horizont bedeckt ist, muss bei diesen Beobachtungen so gestellt werden, dass Vormittags und Nachmittags immer eine und dieselbe Seite desselben der Sonne zugekehrt ist. In diesem Falle wird nämlich eine Unrichtigkeit, welche etwa von der Beschaffenheit der Glastafeln herrühren könnte, Vormittags und Nachmittags in demselben Sinne wirken.

Um sehr genau zu verfahren, so muss man bei diesen Beob- 241
achtungen auch den Stand des Barometers und Thermometers sowohl des Vormittags als auch des Nachmittags aufzeichnen, um das Endresultat vom Einflusse einer in der Zwischenzeit etwa vorgegangenen Strahlenbrechung befreien zu können.

Wie nun aus den durch Beobachtung gefundenen Grössen 242
die wahre und mittlere Zeit am Orte der Beobachtung und ebenso der Stand der Uhr bestimmt wird, ist aus folgendem Beispiele ersichtlich.

B e i s p i e l. 1856, October 14, wurde zu Emden an einer 243
Stelle, deren nördliche Breite = 53° 22′ 8″, deren Ostlänge von Greenwich = 7° 12,8′ ist, folgende correspondirende Sonnenhöhe beobachtet:

Ablesung am Sextanten oder unverbesserte doppelte Höhe		Entsprechende Angabe der Uhr, welche nah'e nach mittlerer Zeit ging. Vormittags.	Nachmittags.	Unverbesserter Mittag.
des Oberrandes		$22^h 25^m 46^s$	$25^h 7^m 2^s$	$23^h 46^m 24^s$
bei der Deckung	52° 40′	$22^h 30^m 48^s$	$25^h 1^m 59^s$	$23^h 46^m 23{,}5^s$
des Unterrandes		$22^h 35^m 36^s$	$24^h 57^m 11^s$	$23^h 46^m 23{,}5^s$
	Mittel	$22^h 30^m 43{,}3^s$	$25^h 2^m 4^s$	$23^h 46^m 23{,}6^s$
		$25^h 2^m 4^s$	$22^h 30^m 43{,}3$	
	Summe	$47^h 32^m 47{,}3^s$	$2^h 31^m 20{,}7^s$	Zwischenz.

(2

Mittelzeit $23^h 46^m 23{,}6^s$

Nachdem die zu den gleichen Höhen am Vormittage und Nachmittage gehörenden Zeiten addirt und die Summen gehälftet sind, ist für jede der Reihen von Zahlen, welche vorliegen, das Mittel gesucht. Die mittlere Zeit für die am Morgen angestellten Beobachtungen zu den am Nachmittage angestellten Beobachtungen addirt und durch 2 dividirt, zeigt sich als mit dem Mittel, welches man aus den Zahlen der dritten Reihe abgeleitet hat, übereinstimmend. Es ist dieses die Mittelzeit zwischen den Beobachtungen oder die angenäherte Uhrzeit für den Zeitpunkt, wenn sich die Sonne im Meridian befindet. Der Unterschied zwischen den beiden ersten Reihen ist die Zwischenzeit.

Weil die Sonne ihre Declination während der zwischen den gleichen Höhen am Vormittage und Nachmittage liegenden Zeit ändert, so wird die Mittelzeit zwischen den Beobachtungen nicht die sein, welche die Uhr zeigt, wenn die Sonne wirklich durch den Meridian geht, deshalb ist es nothwendig eine Correction anzubringen. Die Gleichung, nach welcher diese Correction berechnet wird, heisst die Gleichung der correspondirenden Höhen. Diese ist §. 66. abgeleitet. Die bei dieser Rechnung vorkommenden Grössen sind:

1. Die Zwischenzeit.
2. Die Breite des Orts der Beobachtung.
3. Die Declination der Sonne für den wahren Mittag des Orts der Beobachtung.
4. Die Ab- oder Zunahme der Declination der Sonne zwischen dem Mittage des vorhergehenden und nachfolgenden Tages.

Die Zwischenzeit und die Breite sind für das voranstehende Beispiel schon angegeben.

Die Declination der Sonne bestimmt man nach den Angaben des „Nautical Almanac“ oder mittelst Tafel II. Es ist

die Declination der Sonne am 13. October	$= S\ 7^0 57' 15''$	
„ „ „ „ „ 15. „	$= S\ 8^0 41' 51''$	
Veränderung in 2 Tagen	$= 44' 36''$	$= 2676''$
Declination der Sonne am 14. October 0^h	$= S\ 8^0 19' 10''$.	

Die Rechnung, nach welcher die Mittagsverbesserung selbst bestimmt wird, nimmt folgende Gestalt an, wobei die Logarithmen für die Zwischenzeit einmal aus der mit A, dann aus der mit B überschriebenen Spalte der Tafel XXII. entnommen werden.

Mittagsverbesserung.

Erster Theil.

Zwischenzeit	$= 2^h 31^m 20{,}7^s$	*log. A* =	7,7326 — 10
Veränderung von δ in 2 Tagen	$= 2676''$	*log.* =	3,4275
Nördliche Breite $53^0\ 22'\ 8''$		*log. tg.* =	10,1287 — 10
		num. log.	1,2888 = $19{,}45^s$.

Zweiter Theil.

Zwischenzeit	$= 2^h 31^m 20{,}7^s$	*log. B* =	7,7086 — 10
Veränderung von δ in 2 Tagen	$2676''$	*log.* =	3,4275
	$\delta = 8^0 9' 10''$	*log. tg.* =	9,1649 — 10
		num. log.	0,3010 = $2{,}00^s$.

Der erste Theil der Correction ist $= 19{,}45^s$, der zweite $2{,}00^s$. Es bleibt noch übrig, das Zeichen dieser beiden Theile zu bestimmen. Letztere sind von dem Zeichen der Veränderung der Declination abhängig. Die Regel für die Zeichenbestimmung ergiebt sich aus §. 66. Am bequemsten für das Gedächtniss dürfte es sein, wenn man sich das Ergebniss in folgender Form merkt.

Der erste Theil der Mittagsverbesserung ist für jeden Ort auf der nördlichen Halbkugel vom 21. December bis 21. Juni als subtractiv, vom 21. Juni bis 21. December aber als additiv in Rechnung zu bringen.

Für die auf der südlichen Halbkugel liegenden Orte muss man den ersten Theil vom 21. December bis 21. Juni als ad-

ditiv, vom 21. Juni bis 21. December als subtractiv betrachten.

Diese Regel lässt sich auch so aussprechen: Wenn sich der Himmelskörper durch seine Declinationsänderung dem sichtbaren Pole nähert, so ist der erste Theil von der Mittelzeit zu subtrahiren, im umgekehrten Falle zu addiren.

Der zweite Theil ist zu addiren, wenn die Declination wächst, zu subtrahiren, wenn sie abnimmt, vorausgesetzt, dass die Zwischenzeit kleiner als 12^h ist.

Nach voranstehender Regel ist für unser Beispiel der erste Theil als . $+ 19{,}45^s$
und der zweite Fall ebenfalls als $+ 2{,}00^s$

zusammen $+ 21{,}45^s$

in Rechnung zu bringen.

Als Mittelzeit haben wir gefunden		$23^h\,46^m\,23{,}60^s$
als Mittagsverbesserung		$21{,}45^s$
folglich ist die Uhrzeit im wahren Mittage		$23^h\,46^m\,45{,}05^s$
Zeitgleichung am 14. October $0^h = -14^m$	$1{,}5^s$	
Correction für $28^m\,52^s$ östl. Länge $=$	$0{,}3^s$	
Zeitgl. am 14. Oct. 0^h für Emden $= -14^m$	$1{,}2^s$	
ab von	$23^h\,59^m\,60{,}0^s$	
Mittlere Zeit am wahren Mittag	$23^h\,45^m\,58{,}8^s$. .	$23^h\,45^m\,58{,}80^s$
	Mithin war die Uhr	$46{,}25^s$

vor mittlerer Zeit voraus.

244 Das Verfahren, nach welchem man die Zeit durch gleiche Höhen bestimmt, ist sehr einfach. Weil es nun zugleich von etwa vorkommenden Fehlern der Theilung des Limbus, sowie der Unvollkommenheit der Spiegel, der Sonnengläser und des Glasdaches über dem künstlichen Horizonte unabhängig ist, und zugleich, wenn die Höhen nicht zu klein sind, eine kleine Aenderung der Atmosphäre nur geringen Einfluss auf die Refraction hat; so darf man es auch als das genaueste bezeichnen.

2. Bestimmung der wahren und mittlern Zeit durch eine einzelne Höhe.

a. Die Beobachtung.

Aus einer Höhe des Gestirns, durch welche die Zeit bestimmt werden soll, erhält man die Zeit nur dann gehörig genau, wenn der Meridianabstand des Gestirns im Augenblicke der Beobachtung mindestens drei Stunden beträgt. Im Allgemeinen ist die Beobachtung um so vorzüglicher, je näher das Gestirn dem ersten Vertical steht. Sollte nämlich die Breite des Beobachtungsortes nicht völlig genau bekannt sein, so hat in diesem Falle ein Irrthum von einer oder einigen Minuten den geringsten Einfluss auf die zu bestimmende Zeit. Dasselbe ist der Fall mit den bei Beobachtung der Höhe vorkommenden Fehlern. 245

Ist die Beobachtung auf die Sonne gerichtet und geschieht sie Vormittags, so bestimmt man die Höhe des obern Sonnenrandes zuvörderst approximativ, schiebt darauf die Alhidade so weit vor, dass der Nullpunkt des Nonius mit einem Theilstriche des Limbus zusammenstösst und wartet nun den Augenblick ab, in welchem der Oberrand der Sonne die Höhe erreicht, auf welche die Alhidade gestellt ist. Wird die Observation von einem Schiffe aus gemacht und die Sonnenhöhe auf die Kimm bezogen, so stellt man die Alhidade so ein, dass das reflectirte Sonnenbild etwas unter der Kimm erscheint. Wenn man aber auf dem Festlande, mittelst des künstlichen Horizonts beobachtet, so muss das vom kleinen Spiegel reflectirte Bild der Sonne etwas unter dem im künstlichen Horizonte sichtbaren erscheinen. In jenem erstern Falle wird sich das reflectirte Sonnenbild der Kimm, im zweiten dem im künstlichen Horizonte sichtbaren nähern. Der Augenblick, in welchem der Oberrand der Sonne die Kimm, oder den Rand des Bildes im künstlichen Horizonte berührt, ist der durch die Beobachtung zu bestimmende, für welchen also der Stand der Uhr oder des Chronometers abgelesen werden muss. Am besten geschieht dieses von einem zweiten Beobachter, auf ein von dem die Höhe Beobachtenden gegebenes Zeichen. Nachdem diese erste Beobachtung vollendet und aufgezeichnet ist, wartet man bei unveränderter Stellung der Alhidade den Augenblick ab, in welchem der Unterrand der reflectirten Sonne die Kimm, oder den Oberrand des im künstlichen Horizonte gespiegelten Bildes verlässt

und zeichnet auch für ihn die Zeit auf, welche die Uhr dann zeigt. Das arithmetische Mittel für die beiden aufgezeichneten Zeiten ist die Zeit der Uhr für den Augenblick, in welchem die scheinbare Höhe des Mittelpunktes der Sonne dem ganzen, oder beim künstlichen Horizonte der Hälfte, des durch die Alhidade angegebenen Winkels gleich ist. Geschieht die Beobachtung Nachmittags, so wird auf dieselbe Weise, aber zuerst die Höhe des Unterrandes der Sonne und dann die Höhe des Oberrandes beobachtet. Im Uebrigen ist das Verfahren mit dem eben beschriebenen übereinstimmend. Um recht sicher zu gehen, ist es zweckmässig, auf die angegebene Weise noch eine oder zwei andere Höhen der Sonne nebst den Zeiten für dieselben zu bestimmen. Zu dem Zwecke verschiebt man die Alhidade, wenn man bei der Messung von der Kimm ausgeht, etwa um einen, beim künstlichen Horizonte um zwei Grade.

Aus den Grössen, welche man durch die auf die angegebene Weise angestellten Beobachtungen erhalten hat, wird nun die Zeit bestimmt. Dazu ist zuvörderst erforderlich:

b. Ableitung der wahren Höhe des Mittelpunktes der Sonne aus der durch Beobachtung gefundenen.

246 Die wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne wird aus der durch Messung bestimmten, wenn man bei letzterer von der Kimm ausging, nach Anleitung des in §. 163 aufgestellten Schemas abgeleitet. Ging man hingegen bei der Messung von dem im künstlichen Horizonte gespiegelten Sonnenbilde aus, so geschieht die Ableitung der wahren Höhe des untern oder obern Randes nach dem in §. 161 aufgestellten Schema; zu dem Endresultate legt man aber dann noch den Halbmesser der Sonne hinzu.

c. Bestimmung der wahren Zeit für den Augenblick der Beobachtung.

247 Die wahre Zeit für den Augenblick der Beobachtung kann nun

1. mittelst unsers astronomischen Diagramms, oder
2. durch Rechnung geschehen.

1. Das Verfahren, um die wahre Zeit durch das Diagramm zu finden, ist in §. 200 u. s. w. angegeben.

2. Durch Rechnung findet man die Zeit, indem man von einer der in §. 50 u. s. w. abgeleiteten Formeln ausgeht.

Als Beispiel soll hier die schon durch das Diagramm aufge-

löste Aufgabe in §. 200 berechnet werden. Für jene Aufgabe war die Breite des Orts der Beobachtung $\varphi = 53^0\ 22'\ 6''$, die Declination $\delta = 21^0\ 55^0\ 50'$ und die Höhe $h = 35^0\ 59'\ 37''$. Aus letzterer folgt als Zenithdistanz $z = 54^0\ 0'\ 23''$.

Nach §. 50 5. ist:

$$2\ sin.\ {}^1/_2\, t^2 = \frac{2\ sin.\ {}^1/_2\,(z + Z)\ sin.\ {}^1/_2\,(z - Z)}{cos.\ \varphi\ cos.\ \delta},$$

wo $Z = \varphi \mp \delta$, d. i. gleich der Meridian-Zenithdistanz der Sonne ist. Folglich ist:

$$sin.\ {}^1/_2\, t = \sqrt{\frac{sin.\ {}^1/_2\,(z + Z)\ sin.\ {}^1/_2\,(z - Z)}{cos.\ \varphi\ cos.\ \delta}}.$$

Nach dieser Formel nimmt die Rechnung folgende Gestalt an:

Breite . .	$=53^0 22'\ 6''$	 *Cpl. log. cos.* $=$	0,224267
Declination	$=21^0 55' 50''$	 *Cpl. log. cos.* $=$	0,032621
Merid. Zenithdistanz .	$=31^0 26' 16''$		
Zenithdistanz . .	$=54^0\ 0' 23''$		
$z + Z = 85^0 26' 39''$	$\frac{1}{2}(z+Z) = 42^0 43' 19{,}5''$	*log. sin.* $=$	9,831513
$z - Z = 22^0 34'\ 7''$	$\frac{1}{2}(z-Z) = 11^0 17'\ 3{,}5''$	*log. sin.* $=$	9,291541
		log. sin. $\frac{1}{2}\, t^2 =$	19,379942
			(2
		log. sin. $\frac{1}{2}\, t =$	9,689971

Mittelst dieses *log. sin.* $^1/_2\, t$ erhält man nun den Stundenwinkel und zwar mehr oder weniger bequem, je nach den Tafeln, welche man benutzt. Durch die in aller Händen befindlichen Logarithmen der trigonometrischen Functionen findet man:

$$^1/_2\, t = 29^0\ 19'\ 26{,}2'',$$

daraus ergiebt sich, dass

$$t = 58^0\ 38'\ 52{,}4''.$$

Dieser in Graden, Minuten und Secunden ausgedrückte Stundenwinkel muss jetzt noch in Zeit verwandelt werden. Man erhält dadurch:

	15	
$t = 58^0\ 38'\ 52{,}4''$		$3^h\ 2^m\ 3^s$
$45^0\ 30'\ 45''$		
$13^0\ 8'\ 7{,}4'' \times 4 =$		$52^m\ 32^s\ 29{,}6^t$

folglich t in Zeit $= 3^h\ 54^m\ 35^s\ 29{,}6^t$.

248 Bequemer als die gewöhnlichen Logarithmen und zugleich Zeit ersparend sind die Tafeln, in welchen neben den Logarithmen für die trigonometrischen Functionen die Winkel nicht allein in Graden, Minuten und Secunden, sondern auch in Stunden, Minuten und Secunden ausgedrückt stehen. Mittelst dieser Tafeln stellt sich die Schlussrechnung einfach heraus wie folgt:

$$\log. \sin. \tfrac{1}{2} t = 9{,}689971$$

$$2)\frac{\tfrac{1}{2} t = 1^h\ 57^m\ 17{,}8^s}{t = 3^h\ 54^m\ 35{,}6^s}.$$

249 Noch vorzüglicher sind die Tafeln, welche die Ueberschrift führen: „Logarithmen zur Berechnung des Stundenwinkels“ (*Logarithms of apparent time or horary angle*). In diesen steht neben der Zahl, welche man erhält, wenn man von *log. sin.* $\tfrac{1}{2} t^2$ die Zehner von der Charakteristik weglässt, der Stundenwinkel unmittelbar, oder wird doch durch eine höchst einfache Interpolation gefunden. Durch diese Tafeln erhält man für die Zahl 9,379942, welche übrigbleibt, wenn man von dem soeben gefundenen *log. sin.* $\tfrac{1}{2} t^2$ den Zehner weglässt, ohne Weiteres $t = 3^h\ 54^m\ 36^s$.

Diese Logarithmen für die Stundenwinkel sind auf die Weise bestimmt, dass man für die successiven, von 5 zu 5 Secunden fortschreitenden Zeitintervalle, diese in Bogen ausgedrückt, die *log. sin.* genommen, diese mit 2 multiplicirt und von der Charakteristik des Products die Zehner weggelassen hat. Demzufolge ist jeder in diesen Tafeln befindliche Logarithmus das Doppelte des Logarithmus Sinus der Hälfte des Bogens, welcher den Stunden, Minuten und Secunden entspricht, die in der Ueberschrift und den Seitenspalten der Tafeln angegeben sind. In der letzten Spalte dieser Tafeln, zur rechten Hand, pflegen dann noch die Proportionaltheile für die zwischen jenen Intervallen liegenden 4 Secunden angegeben zu sein. Diesem zufolge erhält man als Logarithmus des Stundenwinkels:

$$t = 4^h\ 21^m\ 35^s = 65^0\ 23'\ 45''$$

$$\underline{\hphantom{32^0\ 41'\ 52{,}5''}}\,(2$$

$$32^0\ 41'\ 52{,}5''\ \log. \sin. = 9{,}73256$$

$$\underline{\hphantom{9{,}7325}2}$$

$$\text{Log. Stundenwinkel } 4^h\ 21^m\ 35^s = 9{,}46512.$$

250 Auch mittelst der „Douwes’schen Hülfstafel“, welche vorzugsweise von den Seefahrern gebraucht wird, kann man den

Stundenwinkel aus *log. sin.* $\frac{1}{2}t^2$ ableiten und zwar durch die in der mit Logarithmus Steigezeit überschriebenen Spalte enthaltenen Zahlen. Zu diesem Behufe muss man aber noch zu den auf die eben angegebene Weise abgeleiteten *log. sin.* $\frac{1}{2}t^2$ den *log.* 2 addiren und die Charakteristik um 5 vermindern. Für das oben aufgestellte Beispiel erhält man demzufolge:

log. sin. $\frac{1}{2}t^2$	= 9,379942		
log. 2	= 0,301030		
Summa	= 9,680972		
	— 5		
log. Steigezeit	= 4,68097		
Neben *log.* Steigezeit	= 4,68066	steht	$3^h\,54^m\,30^s$
für den Unterschied	=	31 kommt hinzu	$5{,}4^s$

die Steigezeit oder der Stundenwinkel ist daher = $3^h\,54^m\,35{,}4^s$.

Es ist nämlich (§. 42. 8):

$$\sqrt{\frac{1-\cos. t}{2}} = \sin. \tfrac{1}{2}t$$

$$1 - \cos. t = 2\,\sin. \tfrac{1}{2}t^2$$

$$\sin.\,vers.\,t = 2\,\sin.\,\tfrac{1}{2}t^2$$

$$\log.\,\sin.\,vers.\,t = \log.\,2 + \log.\,\sin.\,\tfrac{1}{2}t^2.$$

Diese *log. sin. vers. t* sind aber die von Douwes sogenannten Logarithmen der Steigezeit. Die Charakteristik muss um 5 vermindert werden, weil Douwes die *sin. vers. t* für den Radius = 100000 berechnet hat, während die für die trigonometrischen Functionen in den gewöhnlich vorkommenden Tafeln enthaltenen Zahlen sich auf Halbmesser 10,000,000,000 beziehen.

Die Berechnung des Stundenwinkels kann übrigens nach je- 251
der der in den §§. 49 bis 54 aufgestellten und abgeleiteten Formeln geschehen. Ausser der Formel, nach welcher die voranstehende Aufgabe berechnet wurde, ist die in §. 54. (3) für das Gedächtniss besonders geeignet.

Nach derselben ist:

$$\sin.\,\tfrac{1}{2}t = \sqrt{\frac{\sin.\,(s-p)\,\sin.\,(s-\psi)}{\sin.\,p\,\sin.\,\psi}},$$

wo $s = \frac{1}{2}(\psi + z + p)$ gesetzt werden muss.

Beispiel. 1857, März 31, wurde etwa um 6 Uhr Morgens unter 28° 58′ nördlicher Breite und etwa 40° westlicher Länge die Höhe des untern Sonnenrandes 3° 10′ 45″ gefunden.

Höhe des Auges 14′. Barometer 27″ 8‴. Thermometer + 10° R. Es soll die Zeit bestimmt werden.

a. Ableitung der wahren Höhe des Mittelpunktes der Sonne:

Beobachtete Höhe		3° 10′ 45″
Kimmtiefe		3′ 44″
Scheinbare Höhe des untern Randes		3° 7′ 1″
Mittlere Refraction Taf. IX.	13′ 53″	
Taf. X. Mittlere Refraction 13° 53″, Temperatur 10° . .	— 13″	
Taf. XI. Mittlere Refraction 13′ 40″, Barometer 27‴ 8″ . .	— 3″	
Refraction	— 13′ 37″	. . — 13′ 28″
Parallaxe Taf. XII.	9″	
Wahre Höhe des untern Sonnenrandes		2° 53′ 33″
Halbmesser der Sonne		16′ 2″
Wahre Höhe der Sonne		3° 9′ 35″.

b. Ableitung der Declination:

1857. März 30.	$18^h\ 0^m$
40° westliche Länge +	$2^h\ 40^m$
Greenwicher mittlere Zeit. .	$20^h\ 40^m$.

Hierfür ergiebt sich als Declination der Sonne:

+ 4° 11′ 48″.

c. Bestimmung von ψ, z und p:

89° 60′	89° 59′ 60″	89° 59′ 60″
$\varphi =$ 28° 58′	$h =$ 3° 9′ 35″	$\delta =$ 4° 11′ 48″
$\psi =$ 61° 2′	$z =$ 86° 50′ 25″	$p =$ 85° 48′ 12″.

d. Berechnung des Stundenwinkels:

$$z = 86^0\ 50'\ 25''$$
$$\psi = 61^0\ 2'\ 0'' \ldots \quad Cpl.\,log.\,sin. = 0{,}05804$$
$$p = 85^0\ 48'\ 12'' \ldots \quad Cpl.\,log.\,sin. = 0{,}00117$$
$$2\,s = 233^0\ 40'\ 37''$$
(2
$$s = 116^0\ 50'\ 18{,}5''$$
$$s - p = 31^0\ 2'\ 6{,}5'' \ldots \quad log.\,sin. = 9{,}71228 - 10$$
$$s - \psi = 55^0\ 48'\ 18{,}5'' \ldots \quad log.\,sin. = 9{,}91758 - 10$$
$$19{,}68907 - 20$$
(2
$$\tfrac{1}{2}t = 44^0\ 21'\ 18'' \ldots \quad log.\,sin.\,\tfrac{1}{2}t = 9{,}84454 - 10$$
$$t = 88^0\ 42'\ 36''$$

t in Zeit = $5^h\ 54^m\ 50{,}4^s$. Diesen östl. Stundenwinkel in Zeit
abgezogen von $23^h\ 59^m\ 60^s$

giebt $18^h\ 5^m\ 9{,}6^s$ als westl. Stundenwinkel oder wahre Zeit der Beobachtung 1857, März 30.

Zeitgleichung für
$20^h\ 40^m$ Gr. Z. $+\ 4^m\ 15{,}6^s$

Mittlere Ortszeit
der Beobachtung $18^h\ 9^m\ 25^s$.

3. Ableitung der wahren und mittlern Zeit aus der Höhe eines Planeten oder Fixsterns.

Zuvörderst bestimmt man den Stundenwinkel des Sterns. 252
Wird zu diesem die gerade Aufsteigung des Sterns addirt, so erhält man die Sternzeit. Diese verwandelt man dann mit Hülfe der Tafel XXV. in mittlere Zeit.

Beispiel. 1857, April, 17 war unter $53^0\ 22'\ 8''$ nördlicher Breite und $28^m\ 51{,}2^s$ östlicher Länge in dem Augenblicke, als die Uhr $7^h\ 43^m\ 39^s$ P. M. zeigte, die Höhe der Venus $= 21^0\ 23'\ 43''$. Man bestimme den Stand der Uhr.

Die Declination der Venus war:

$$+\ 25^0\ 35'\ 56'',$$

daraus ergiebt sich: $p = 64^0\ 24'\ 4''$.

Es ist folglich:

$z =$	$68^0\ 36'\ 17''$		
$p =$	$64^0\ 24'\ 4''$	*Cpl. log. sin.* =	0,0448701
$\psi =$	$36^0\ 37'\ 52''$	*Cpl. log. sin.* =	0,2242625
$2s =$	$169^0\ 38'\ 13''$		
$s =$	$84^0\ 49'\ 7''$		
$s - \psi =$	$48^0\ 11'\ 15''$	. . . *log. sin.* =	9,8723489 — 10
$s - p =$	$20^0\ 25'\ 3''$	. . . *log. sin.* =	9,5426491 — 10
		log. sin. $^1/_2\, t^2$ =	19,6841306 — 20
$^1/_2\, t =$	$2^h\ 56^m\ 9^s$	*log. sin.* $^1/_2\, t$ =	9,8420653 — 10
$t =$	$5^h\ 52^m\ 18^s$		
♀ $AR =$	$3^h\ 36^m\ 20{,}3^s$		

Sternzeit . . .	$= 9^h\ 28^m\ 38{,}3^s$
Oestl. Meridiandifferenz . .	$= 28^m\ 51{,}2^s$
Sternzeit zu Greenwich . .	$= 8^h\ 59^m\ 47{,}1^s$
Sternzeit im mittl. Mittag . . .	$= 1^h\ 42^m\ 14{,}7^s$
Sternzeit zu Greenwich . .	$= 7^h\ 17^m\ 32{,}4^s$
Verzögerung gegen Sternzeit	$= 1^m\ 11{,}7^s$
Mittlere Zeit zu Greenwich . .	$= 7^h\ 16^m\ 20{,}7^s$
Meridiandifferenz	$= 28^m\ 51{,}2^s$
Mittlere Zeit der Beobachtung	$= 7^h\ 45^m\ 12^s$
Uhrzeit	$= 7^h\ 43^m\ 39^s$
Uhr zu langsam	$= 1^m\ 33^s$.

253 Wenn die Höhe eines Fixsterns genommen ist, so wird daraus der Stundenwinkel und die mittlere Zeit genau auf dieselbe Weise wie für einen Planeten abgeleitet.

Beispiel. Unter 33° 12′ südlicher Breite und 60° geschätzter östlicher Länge wurde am 10. Mai 1857 nach Sonnenunter-

gang am westlichen Horizonte eine Höhe des Sirius genommen und daraus dessen wahre Höhe zu $17^0\ 23'\ 41''$ abgeleitet. Nach der Ephemeride (Taf. VI.) ist für diesen Tag die gerade Aufsteigung $6^h\ 38^m\ 50{,}8^s$ und die Declination $-\ 16^0\ 31'\ 26''$. Man soll die mittlere Zeit bestimmen:

$$\begin{array}{rlrlrl} & 89^0\ 59'\ 60'' & & 90^0\ 0'\ 0'' & & 90^0\ 0'\ 0'' \\ h = & 17^0\ 23'\ 41'' & \delta = & -16^0\ 31'\ 26'' & \varphi = & -33^0\ 12'\ 0'' \\ \hline z = & 72^0\ 36'\ 19'' & p = & 106^0\ 31'\ 26'' & \psi = & 123^0\ 12'\ 0'' \end{array}$$

$$\begin{array}{rll} z = & 72^0\ 36'\ 19'' & \\ p = & 106^0\ 31'\ 26'' & Cpl.\,log.\,sin. = 0{,}018318 \\ \psi = & 123^0\ 12'\ 0'' & Cpl.\,log.\,sin. = 0{,}077398 \\ \hline 2s = & 302^0\ 19'\ 45'' & \\ s = & 151^0\ 9'\ 53'' & \\ s - p = & 44^0\ 38'\ 27'' \ldots & log.\,sin. = 9{,}846745 - 10 \\ s - \psi = & 27^0\ 57'\ 53'' \ldots & log.\,sin. = 9{,}671106 - 10 \\ \hline & & log.\,sin.\ {}^1\!/_2\, t^2 = 19{,}613567 - 20 \\ {}^1\!/_2\, t = & 39^0\ 51'\ 32'' & log.\,sin.\ {}^1\!/_2\, t = 9{,}806783 - 10 \\ t = & 79^0\ 43'\ 4'' & \end{array}$$

t in Zeit	=	$5^h\ 18^m\ 52{,}3^s$
Gerade Aufsteig.	=	$6^h\ 38^m\ 50{,}8^s$
Sternzeit	=	$11^h\ 57^m\ 43{,}1^s$
Oestl. Meridiandifferenz	=	$4^h\ 0^m\ 0^s$
Sternzeit zu Greenwich	=	$7^h\ 57^m\ 43{,}1^s$
Sternzeit im mittl. Mittage, Mai 10	=	$3^h\ 12^m\ 55{,}5^s$
Sternzeit vom mittl. Mittage	=	$4^h\ 44^m\ 47{,}6^s = 4^h\ 44^m\ 1^s$ mittl. Zeit zu Greenw.
		$4^h\ 0^m\ 0^s$ Meridiandifferenz.
Mittlere Zeit der Beobachtung	=	$8^h\ 44^m\ 1^s$.

4. Nachweisung des Einflusses, welchen die Fehler auf das Endergebniss haben, die an den bei Bestimmung der Zeit in Betracht kommenden Grössen etwa haften.

254 Die Grössen, welche den Stundenwinkel bestimmen, sind nach dem Voranstehenden 1) die geographische Breite des Orts der Beobachtung φ, 2) die Höhe des Gestirns h oder die daraus abgeleitete Zenithdistanz z, 3) die Declination des letztern δ. Sind diese Grössen nicht völlig genau bestimmt, so kann die aus ihnen abgeleitete, hier die Zeit, natürlich auch nicht völlig genau sein.

a. Die Breite. Für die Orte auf dem Festlande darf die Breite wohl bis auf eine einzelne Secunde genau bekannt vorausgesetzt werden; für den Ort eines Schiffes auf dem Meere aber ist eine solche Voraussetzung schon wegen der Unsicherheit der Logrechnung nicht immer zulässig.

b. Die Höhe. Sieht man auch davon ab, dass, auch mit einem möglichst vollkommen construirten Instrumente, wegen der begrenzten Wahrnehmbarkeit kleiner Grössen durch die Sinnorgane die Höhe nicht völlig genau beobachtet werden kann; so sind wenigstens die von der Kimm aus gemessenen Höhen, wegen der Unsicherheit bei Bestimmung der Refraction der von der Kimm ausgehenden und zum Auge des Beobachters gelangenden Strahlen, mehr oder weniger ungenau. Dasselbe ist um so mehr der Fall, wenn das Messinstrument nicht völlig correct ist. Auch können ja kleine Versehen bei der Beobachtung vorfallen.

c. Selbst die Declination kann fehlerhaft sein. Bei Ableitung derselben aus den in den Ephemeriden enthaltenen Daten durch Interpolation wird die Greenwichzeit als bekannt vorausgesetzt. Letztere erhält man durch ein Chronometer, welches völlig richtig geht, oder leitet sie aus der Ortszeit und der Länge ab. Die Ortszeit ist aber gerade das zu Bestimmende und ebenso ist in den meisten Fällen die Länge auch nur annähernd bekannt. Wenn die angedeuteten Fehler sich nun nicht eliminiren lassen, so erhält man auch die gesuchte Grösse nur annähernd richtig. In diesem Falle muss aber der Beobachter wenigstens angeben können, innerhalb welcher Grenzen die Annäherung enthalten ist. Wichtiger aber ist, dass sich durch die angedeutete Untersuchung ergiebt, unter welchen Umständen der Einfluss

eines jeden Fehlers ein Maximum oder Minimum wird, und so der Beobachter in den Stand gesetzt wird, in allen den Fällen, wo ihm Spielraum gelassen ist, die Beobachtung in dem nach Zeit und Umständen günstigsten Momente anzustellen.

Die Bestimmung der Zeit durch eine Höhe geschieht, unter 255 übrigens gleichen Umständen, möglichst scharf und genau.

1. Wenn die Declination des beobachteten Gestirns möglichst klein ist.

2. Wenn sich das Gestirn, dessen Höhe man zum Behuf der Zeitbestimmung beobachtet, in der Nähe des ersten Verticals befindet.

(Für den Fall aber, dass man ein Gestirn beobachtet, dessen Declination grösser als die geographische Breite ist, muss man die Höhe dann nehmen, wenn der parallaktische Winkel, d. i. der Winkel, welcher von dem durch das Gestirn gelegten Höhenkreise und Declinationskreise eingeschlossen wird, wenig von 90° verschieden ist.)

3. Wenn die geographische Breite des Orts der Beobachtung klein ist. Unter hohen Breiten hat eine fehlerhafte Annahme letzterer einen viel bedeutendern Einfluss auf die Zeitbestimmung als unter niederen Breiten.

Die Richtigkeit der soeben aufgestellten Sätze ergiebt sich, 256 wenn man die Gleichung:

$$\cos. z = \cos. p \sin. \varphi + \sin. p \cos. \varphi \cos. t$$

in Beziehung auf alle darin vorkommenden Grössen differenziirt oder den Ausdruck

$$dt = \left(\frac{dt}{dp}\right) dp + \left(\frac{dt}{d\varphi}\right) d\varphi + \left(\frac{dt}{dz}\right) dz$$

entwickelt.

Differenziirt man jene Gleichung zuvörderst in Beziehung auf t und z, so erhält man:

$$\left(\frac{dt}{dz}\right) = \frac{\sin. z}{\sin. p \cos. \varphi \sin. t}$$

oder, wenn man den parallaktischen Winkel einführt:

$$\left(\frac{dt}{dz}\right) = \frac{1}{\sin. p \sin. q}.$$

Betrachtet man t und φ als variabel, so erhält man:

$$\left(\frac{dt}{d\varphi}\right) = \frac{\sin. z \cos. a}{-\sin. p \cos. \varphi \sin. t}$$

oder

$$\left(\frac{dt}{d\varphi}\right) = -\frac{\cos. a}{\sin. p\ \sin. q}.$$

Differenziirt man endlich nach t und p, so erhält man:

$$\left(\frac{dt}{d\varphi}\right) = \frac{-\sin. z\ \cos. q}{\sin. p\ \cos. \varphi\ \sin. t}$$

oder

$$\left(\frac{dt}{d\varphi}\right) = \frac{-\cos. q}{\sin. p\ \sin. q}.$$

Es ist folglich

$$dt = \frac{dz - dp\ \cos. q - d\varphi\ \cos. a}{\sin. p\ \sin. q}$$

oder

$$dt = \frac{dz - dp\ \cos. q - d\varphi\ \cos. a}{\cos. \varphi\ \sin. a}.$$

Denkt man sich nun unter dz, dp und $d\varphi$ die an den Grössen z, p und φ haftenden Fehler, so zeigt der voranstehende Ausdruck, dass sie auf dt oder den Fehler des Stundenwinkels t einen um so geringern Einfluss haben, je grösser der Nenner des Bruchs ist, welchen wir als Ausdruck des Werthes dt gefunden haben. Das Product $\sin. p\ \sin. q$ nimmt aber den grösstmöglichen Werth an, wenn sowohl p als auch q gleich 90^0 gesetzt werden, $\cos. \varphi\ \sin. a$ hingegen wird zum Maximum, wenn $\varphi = 0$ und $a = 90^0$ gesetzt wird.

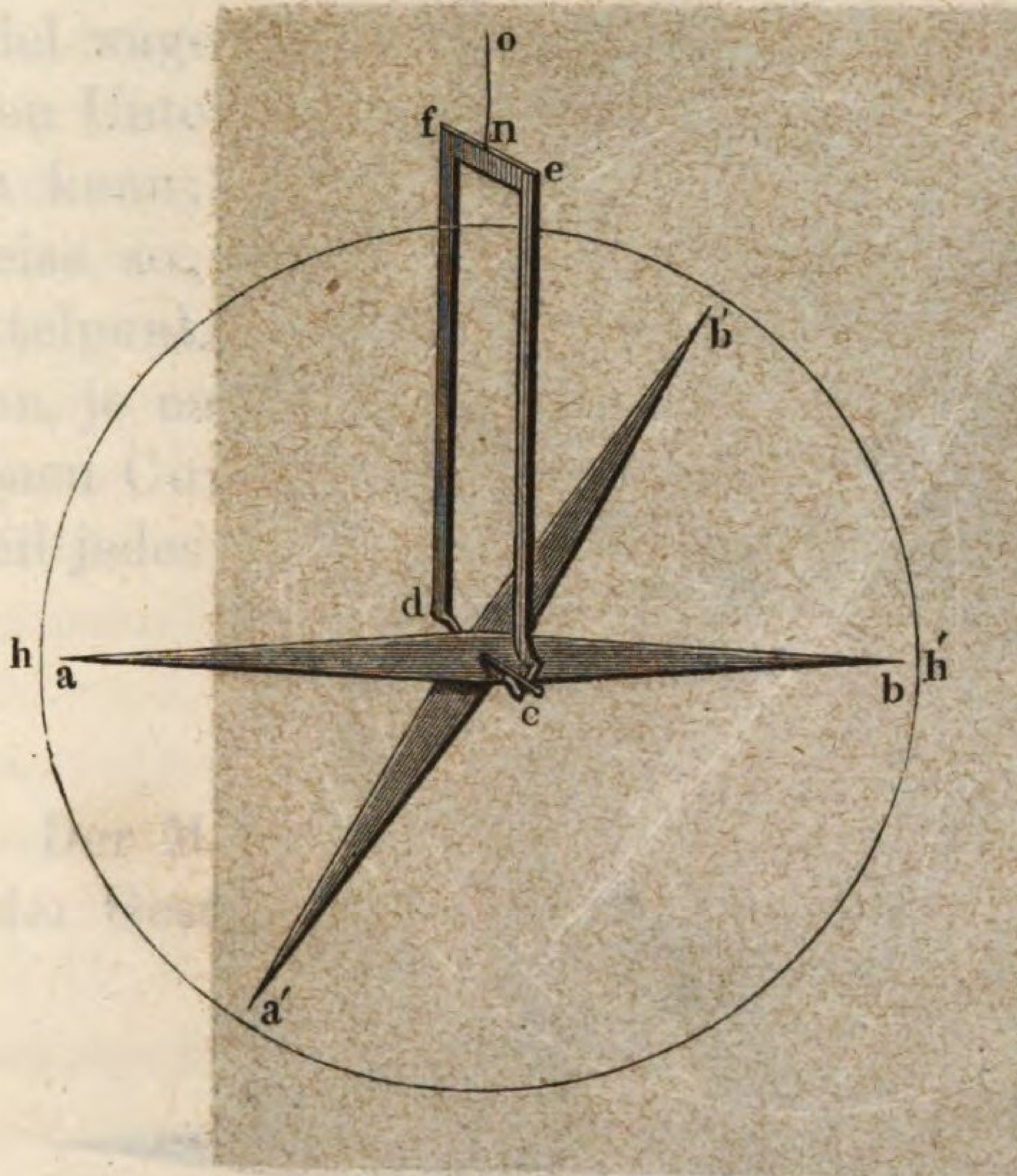
III. Der Compass und die Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel.

a. Der Compass.

257 Bringt man in dem Schwerpunkte eines Stäbchens von Stahl oder Eisen von parallelepipedischer Form, etwa wie *ab* (Fig. 94), eine Axe so an, dass wenn die Enden der letztern in den Oeffnungen *c* und *d* des aus Messing gearbeiteten gabelförmigen Körpers *cdef* ruhen, das Stäbchen *ab* eine horizontale Lage hat, und hängt man die Gabel *cdef* an einem ziemlich langen Faden von ungedrehter Seide auf, so wird das Stäbchen, bei Entfernung aller störenden Einflüsse, in jeder Lage in der durch die Linie *ab* gelegt gedachten horizontalen Ebene verharren. Wird hierauf das

Eisenstäbchen aus der Gabel herausgenommen und durch Bestreichen mit einem Magnet magnetisirt, so geht dasselbe, wenn man es in die Gabel zurückversetzt und sich selbst überlässt, in die durch $a'b'$ angedeutete, gegen die Horizontallinie hh' geneigte Richtung über, zugleich aber dreht es sich sammt der um den Faden no leicht beweglichen Gabel $cdef$ so, dass eine durch seine geometrische Axe gelegt gedachte Verticalebene ebenfalls eine bestimmte Richtung hat. Das Eisenstäbchen heisst nun, in Folge dieser neuen Eigenschaft eine bestimmte Richtung anzunehmen, Magnetnadel. Die Lage oder Richtung, in welche die frei bewegliche Magnetnadel übergeht, bestimmt man, indem man sie auf die Ebene des Meridians und auf den Horizont bezieht.

Fig. 94.



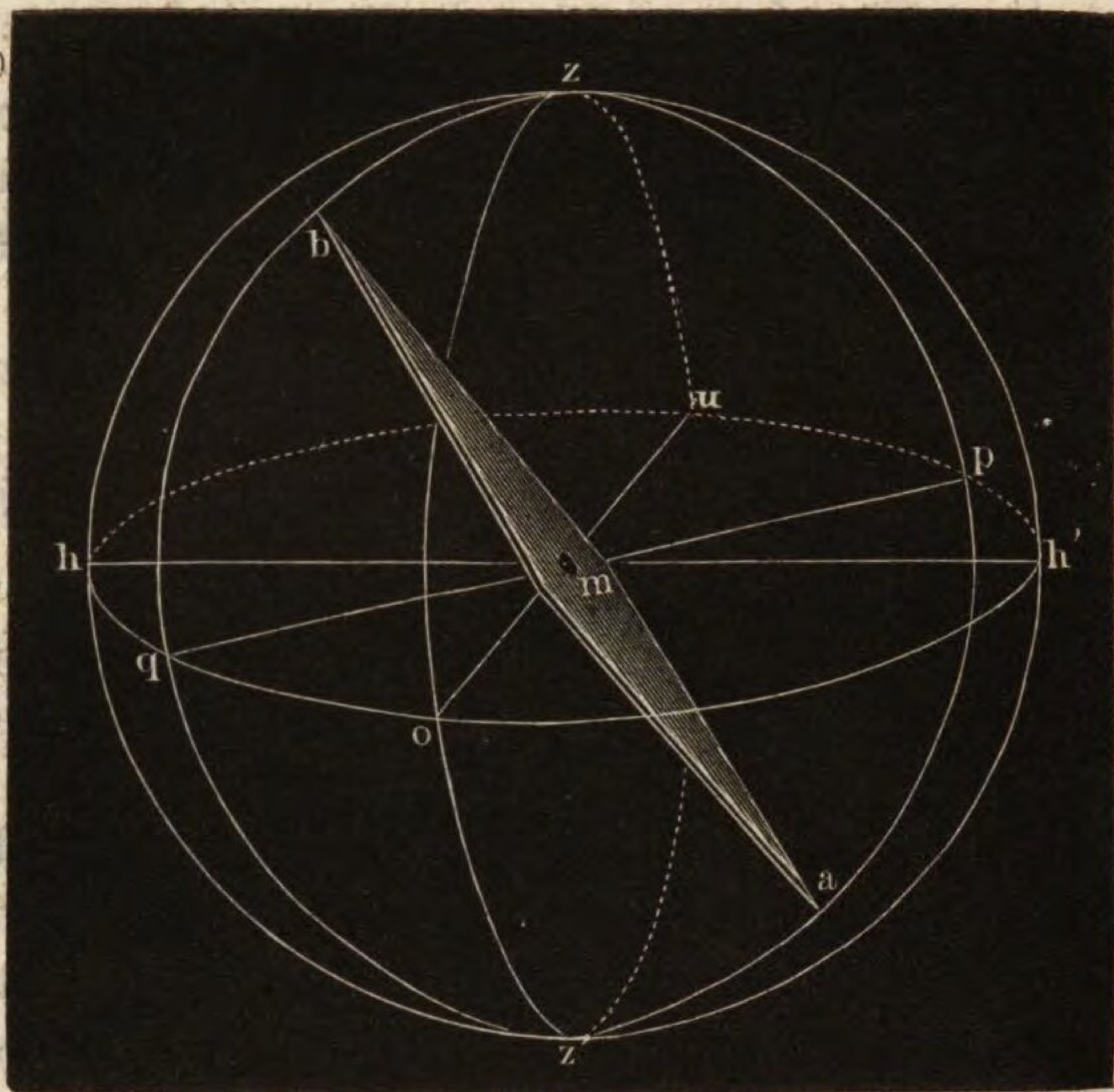
Es sei $hup h' o q$ (Fig. 95 a. f. S.) der Horizont, $hzh'z'$ die Ebene des Meridians, $apzbqz'$ die durch die Magnetnadel gelegt gedachte Verticalebene, $zoz'u$ die durch den Ost- und Westpunkt gehende erste Verticalebene, und hmh' die Mittagslinie. Die Linie qmp, in welcher die durch die Magnetnadel gelegt gedachte Verticalebene den Horizont schneidet, heisst der magnetische Meridian. Das nach Norden gerichtete Ende einer Magnetnadel nennt man ihren Nordpol, das andere den Südpol, die Eigenschaft derselben, eine bestimmte Richtung anzunehmen, ihre Polarität.

Die Lage der Magnetnadel ist bestimmt, 1) wenn die Grösse des Winkels pmh' und 2) wenn die des Winkels pma bekannt ist.

Der Winkel pmh', d. i. der Neigungswinkel der durch die Magnetnadel gelegt gedachten Verticalebene mit der Ebene des Meridians, oder, was dasselbe, der vom astronomischen und magnetischen Meridiane eingeschlossene Winkel heisst die Abweichung oder Declination der Magnetnadel. Als Maass

desselben liegt hier der Bogen ph' vor. Der Winkel pma, welchen die Axe der Magnetnadel ba mit dem magnetischen Meri-

Fig. 95.



dian mp bildet und welcher durch den Bogen pa gemessen wird, heisst die Neigung oder Inclination der Magnetnadel. Die Declination der Magnetnadel beträgt gegenwärtig in Nordwestdeutschland etwas über 17°, die Inclination aber etwa 69°.

Dadurch, dass man den zwischen b und m liegenden Theil der Magnetnadel etwas schwerer macht, kann man bewirken, dass ihre Axe die horizontale Lage qmp annimmt.

Der Winkel pmh', d. i. die Abweichung oder die Declination der Magnetnadel, hat an jedem Orte der Erdoberfläche für jede bestimmte Zeit eine bestimmte Grösse. Ist dieser Winkel bekannt, so kann die Beobachtung des Winkels, welchen irgend eine andere Richtung mit der Längenaxe der Nadel bildet, dienen, um die Lage dieser letztern auch gegen den astronomischen Meridian festzustellen. Hierauf gründet sich die Anwendung, welche man von einer solchen Magnetnadel bei der Schifffahrt, beim Feldmessen, beim Bergbau macht.

Die Aufgabe, deren Auflösung hier vorliegt, ist die, die Declination oder Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen und zwar mittelst der Instrumente, deren sich der Feldmesser, Mark-

scheider, Seefahrer bei Ausübung ihres Berufs bedienen. Zuvörderst sind nun diese Instrumente selbst zu betrachten.

Um die Lage der Richtungen im Horizonte gegen den magnetischen Meridian bequem bestimmen zu können, wird die Magnetnadel wagerecht und so aufgehängt, dass sie sich in der durch ihren Unterstützungspunkt gehenden Horizontalebene frei bewegen kann; zugleich umgiebt man sie mit einem eingetheilten Kreise so, dass der Unterstützungspunkt der Nadel genau im Mittelpunkte des Kreises liegt. Eine solche Vorrichtung führt dann, je nach ihrer sonstigen Einrichtung und ihrem Zwecke, den Namen Compass, Boussole, Declinatorium. Der wichtigste Theil jedes dieser Instrumente ist die Magnetnadel selbst.

Die Magnetnadel.

Der Magnetnadel giebt man eine verschiedene Form. Ausser 258
in der Gestalt einer langgezogenen Raute (Fig. 96), stellt man sie hoch und schmal, und dabei an den Enden zugeschärft (Fig. 97), oder platt, in der Form eines langgestreckten Oblongums (Fig. 98), dar. In früherer Zeit gab man ihr die Gestalt eines Pfeils, oder verzierte die beiden Enden oder die Pole mit vorspringenden Figuren. Dergleichen Schnörkeleien sind aber unzweckmässig, weil die hervorragenden Theile wieder Pole bilden, und so die Polarität der Nadel stören.

Fig. 96.

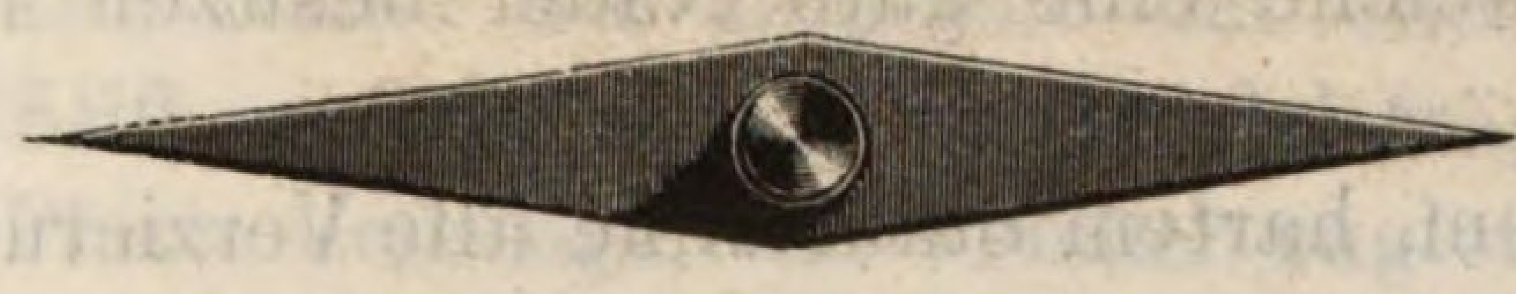


Fig. 97.



Fig. 98.



Damit die Magnetnadel sich möglichst frei und leicht in horizontaler Richtung bewegen kann, hat sie in der Mitte eine Oeffnung, in welche ein innen kegelförmig ausgebohrter Ansatz, welcher Hütchen genannt wird, passt. Das Hütchen, welches im Durchschnitt durch Fig. 99 a. f. S. dargestellt ist, muss leicht und die kegelförmige Oeffnung so in dasselbe hineingebohrt sein, dass ihre

Axe mit der daraufliegenden Axe der Nadel einen rechten Winkel macht. Auch darf der höchste Punkt der Oeffnung, mit welchem es auf dem Stifte *a* ruht, nicht zu fein auslaufen, weil sonst die Reibung (Friction) vermehrt und die freie Bewegung der Nadel gehemmt wird. Das Hütchen selbst wird aus Achat, Carneol oder einem andern harten Steine geschliffen, oder man macht es von Messing und füttert die Oeffnung mit einem solchen Steine aus. Auch verfertigt man es wohl aus gut gehärtetem und polirtem Stahl. Bei den neueren Instrumenten wird die Nadel mit dem Hütchen nicht untrennbar verbunden, sondern nur darauf gelegt und so befestigt, dass man sie auch abheben, umkehren, d. h. die bis dahin nach oben gerichtete Fläche nach unten wenden und dann wieder auflegen kann.

Fig. 99.



Die Bearbeitung des Stiftes, welcher die Nadel trägt, erfordert ganz besondere Sorgfalt. Man verfertigt ihn aus feinem Stahl und dreht ihn so ab, dass er in einem Punkte endigt, ohne eine lange dünne Spitze zu bilden.

259 Die Eigenschaften, welche eine gute Nadel besitzen muss, sind:

1. Muss sie aus reinem, hartem Stahl ohne alle Verzierungen gearbeitet sein.

2. Ist erforderlich, dass sie ganz gerade ist und eine symmetrische Gestalt hat. Denkt man sich eine gerade Linie durch die Mitte der beiden Enden gezogen, so muss diese genau durch den Mittelpunkt der Nadel und zugleich des Hütchens gehen, daneben muss die Masse der Nadel auf beiden Seiten der Linie symmetrisch vertheilt sein.

3. Muss die Nadel so gearbeitet sein, dass sie, nachdem sie magnetisirt ist, auf den Stift gelegt, eine horizontale Lage annimmt. Die Inclination beseitigt man dadurch, dass man die Nadel so bearbeitet, dass das eine Ende derselben vor dem Magnetisiren etwas schwerer ist als das andere.

4. Die magnetische Kraft der Nadel darf nicht zu gering sein. Mindestens muss die Nadel so stark magnetisirt sein, dass sie die zwischen dem Hütchen und der Spitze des Stifts stattfindende Reibung überwinden kann. Eine Nadel, die, wenn sie aus ihrer natürlichen Lage, d. h. aus der Richtung des magnetischen Meridians, herausgebracht ist, nur langsam oscillirend in die ursprüngliche Lage zurückkehrt, nennt man träge oder faul. Die-

ser letzte Fehler kann aber auch in einer mangelhaften Beschaffenheit der Spitze des Stifts oder in der Gestalt der Oeffnung des Hütchens seinen Grund haben.

Die Nadel wird durch Bestreichen mit einem andern Magnete 260
magnetisch gemacht; letzterer kann ein natürlicher, oder ein künstlicher Magnet sein. Das Magnetisiren selbst geschieht durch den einfachen, oder den Doppelstrich. Das Genauere über die hierbei innezuhaltende Manipulation findet man in jedem Lehrbuche der Physik.

Das Gehäuse, womit man die Magnetnadel umgiebt, und die 261
anderen damit verbundenen Theile, sowie das Stativ, welches das Gehäuse trägt, sind verschieden, je nach der Anwendung, die man von dem Instrumente zu machen beabsichtigt. Die Instrumente, welche hier in Betracht kommen, sind die Boussole, der Peilcompass und der magnetische Theodolit.

Die Boussole oder der Feldmesser-Compass.

Die Nadel der Boussole hat eine Länge von 4 bis 8 Zoll. 262
Der Stift, welcher die Magnetnadel trägt, ist in einer messingenen Platte befestigt, auf welcher zugleich ein messingener Cylinder von einem Zoll Höhe concentrisch mit dem Stifte aufgeschroben ist. Die Platte und der aufgeschrobene Cylinder bilden eine Büchse (*Bussola*), in welcher sich die Magnetnadel befindet. Diese Büchse wird wieder auf eine mit dem Stativ durch Schrauben verbundene Platte befestigt, oder an der Bodenplatte der Büchse befinden sich gleich die Theile, mittelst deren sie auf das Stativ gesetzt wird. In der Ebene, in welcher sich die Magnetnadel herumbewegt, ist inwendig an den Wänden des Cylinders herum ein Kreisring befestigt, auf welchem die Theilung aufgetragen ist. Die auf diesen Kreisring gezeichnete Kreislinie ist, je nach der Länge der Nadel, in ganze, halbe und viertel Grade getheilt. Zwischen der Magnetnadel und dem getheilten Kreisringe bleibt nur ein so kleiner Zwischenraum, dass die Nadel bei ihrer Drehung sehr nahe am Kreisringe hinstreift, ohne ihn zu berühren.

Der Cylinder oder die Büchse, in welcher sich die Magnetnadel und der Limbus, d. i. der getheilte Kreisring, befinden, ist mit einer dünnen, auf beiden Seiten plangeschliffenen Glasplatte bedeckt. Letztere wird durch einen eingesprengten Ring festgehalten. Die Glasplatte schützt die Nadel gegen äussere Einflüsse,

gestattet aber die Beobachtung ihrer Bewegung und der Theilung auf dem Limbus.

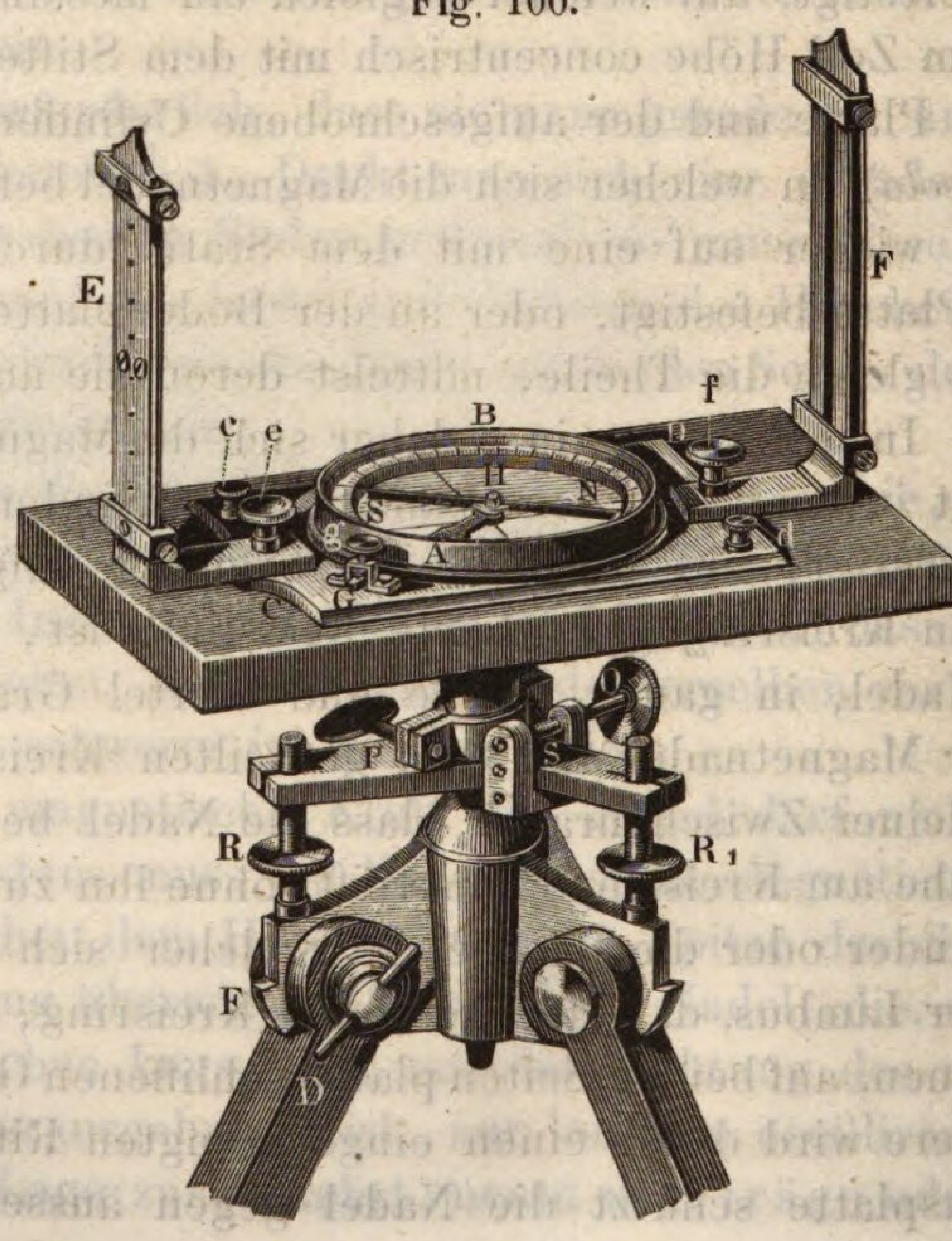
Durch eine Feder, oder einen kleinen Hebel, welcher auf dem Boden der Büchse befestigt ist und welcher durch einen durch die Büchse gehenden Schieber von aussen in Bewegung gesetzt wird, kann man die Magnetnadel zur Ruhe bringen. Die Nadel wird hierbei durch einen Druck auf den Hebel von der Spitze des Stifts abgehoben, und mit dem obern Theile des Hütchens an die Glasplatte gedrückt, welche die Büchse bedeckt, und in der Lage, welche sie hierbei annimmt, festgehalten. Diese Vorrichtung heisst die Arretirung der Nadel.

Um den Winkel, unter welchem eine beliebige Richtung im Horizonte den magnetischen Meridian schneidet, beobachten zu können, sind neben der Büchse, in welcher sich die Magnetnadel befindet, entweder Diopteren, oder ein Fernrohr mit Fadenkreuz angebracht.

a. Die Boussole mit Diopteren.

263 Die Einrichtung und den Bau einer Feldmesser-Boussole mit Diopteren veranschaulicht Fig. 100. Die Diopteren sind bei der Bous-

Fig. 100.



sole entweder gleich neben der Büchse, oder, wie bei der in Figur 100 dargestellten, auf eine Verlängerung der Platte in einer Entfernung von 8 bis 12 Zoll, in *E* und *F*, so aufgeschroben, dass ihre Visirlinie mit der durch 0° und 180° gehenden Linie zusammenfällt.

Wenn man die mittelst der Stellschrauben *R R* unter Zuziehung einer Dosenlibelle horizontal gestellte Büchse *AB* (Fig. 100) in ihrer Ebene umdreht, so kommt die Spitze der Magnetnadel auf immer andere Theilstriche zu stehen. Wenn man nun die Büchse *AB* in die Lage bringt, dass das eine Ende der Nadel gerade auf den mit 0°, das andere auf den mit 180° bezeichneten Punkt der Theilung zeigt, so fällt die durch die Diopten gehende Visirlinie mit dem magnetischen Meridian zusammen, bei jeder andern Stellung aber zeigt die Nadel auf den Theilstrich des Kreises, welcher angiebt, wie viel Grade und Minuten der Winkel beträgt, welchen die Richtung der Nadel oder der magnetische Meridian mit der durch die Diopten gehenden Visirlinie macht. Stellt man das Instrument so ein, dass die durch die Diopteröffnungen gehende Linie mit dem astronomischen Meridian zusammenfällt, so giebt der Abstand des vor der Spitze der Nadel stehenden Punktes von dem Nullpunkte, wenn er in Graden und Minuten ausgedrückt wird, die Abweichung oder Declination der Magnetnadel, d. h. den Winkel an, welchen der magnetische Meridian mit dem astronomischen macht.

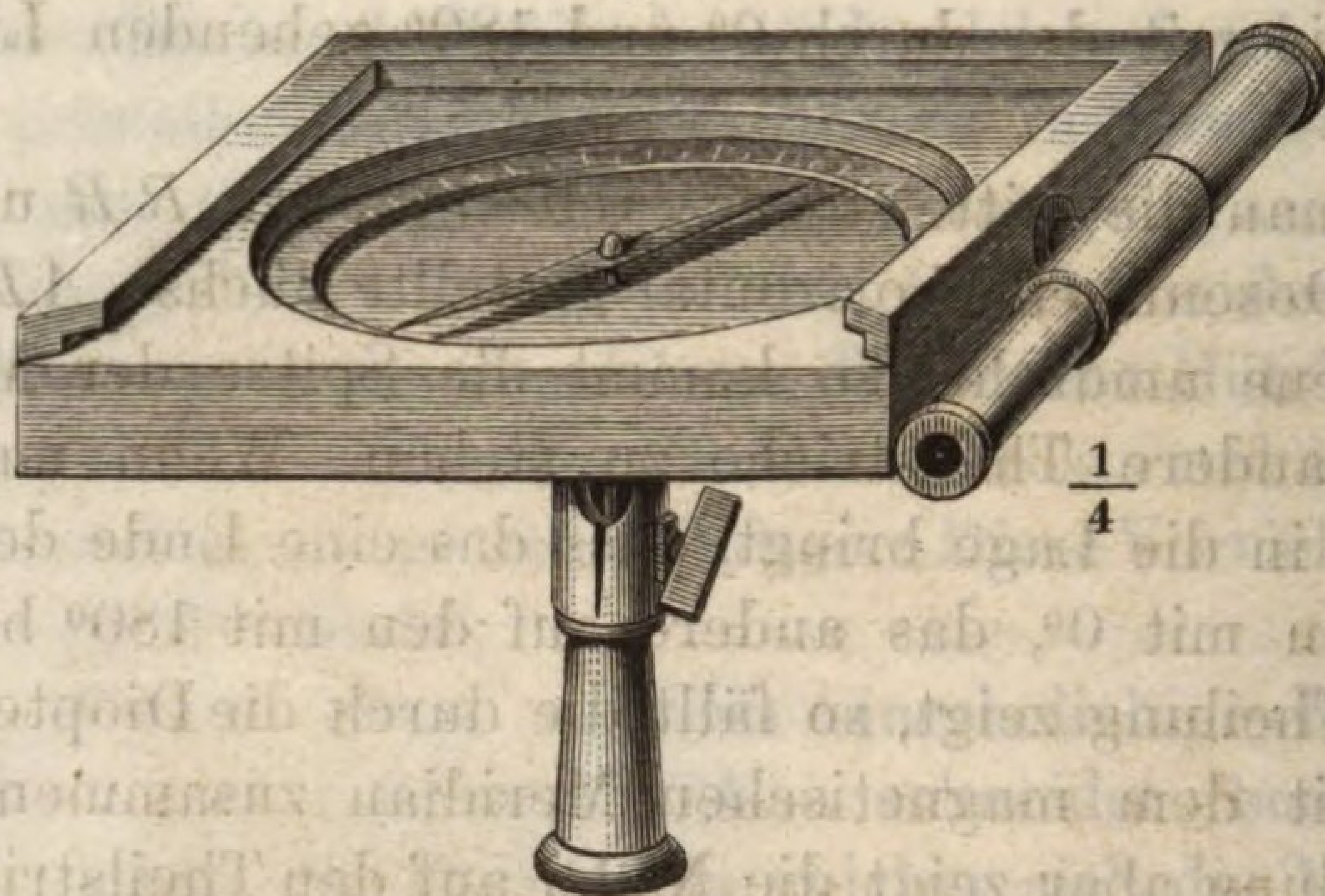
Wenn die magnetische Axe der Nadel nicht genau mit der geometrischen zusammenfällt, so wird die mittelst der Boussole bestimmte Declination mit einem constanten Fehler behaftet sein. Dieser Fehler lässt sich mittelst der weiter unten beschriebenen Methode des Umkehrens der Nadel corrigiren.

b. Die Boussole mit Fernrohr.

Die Boussolen, bei welchen statt der Diopten ein Fernrohr angebracht ist, haben einen einfachern, oder zusammengesetztern Bau. Eine Boussole von sehr einfachem Bau zeigt Fig. 101 a. f. S. Sehr zweckgemäss sind die in der mechanischen Werkstatt von Breithaupt in Cassel angefertigten construirt. Das Fernrohr, welches sich zum Vor- und Rückwärtsvisiren umlegen lässt, befindet sich entweder unter der Platte, welche die Boussole trägt, oder neben der Büchse, in welcher die Nadel enthalten ist. Um das Instrument horizontal zu stellen, und um dasselbe bei der 264

Bewegung in der Horizontalebene genau einzustellen, sind besondere Schrauben angebracht. Mittelst einer Schraube, welche ge-

Fig. 101.



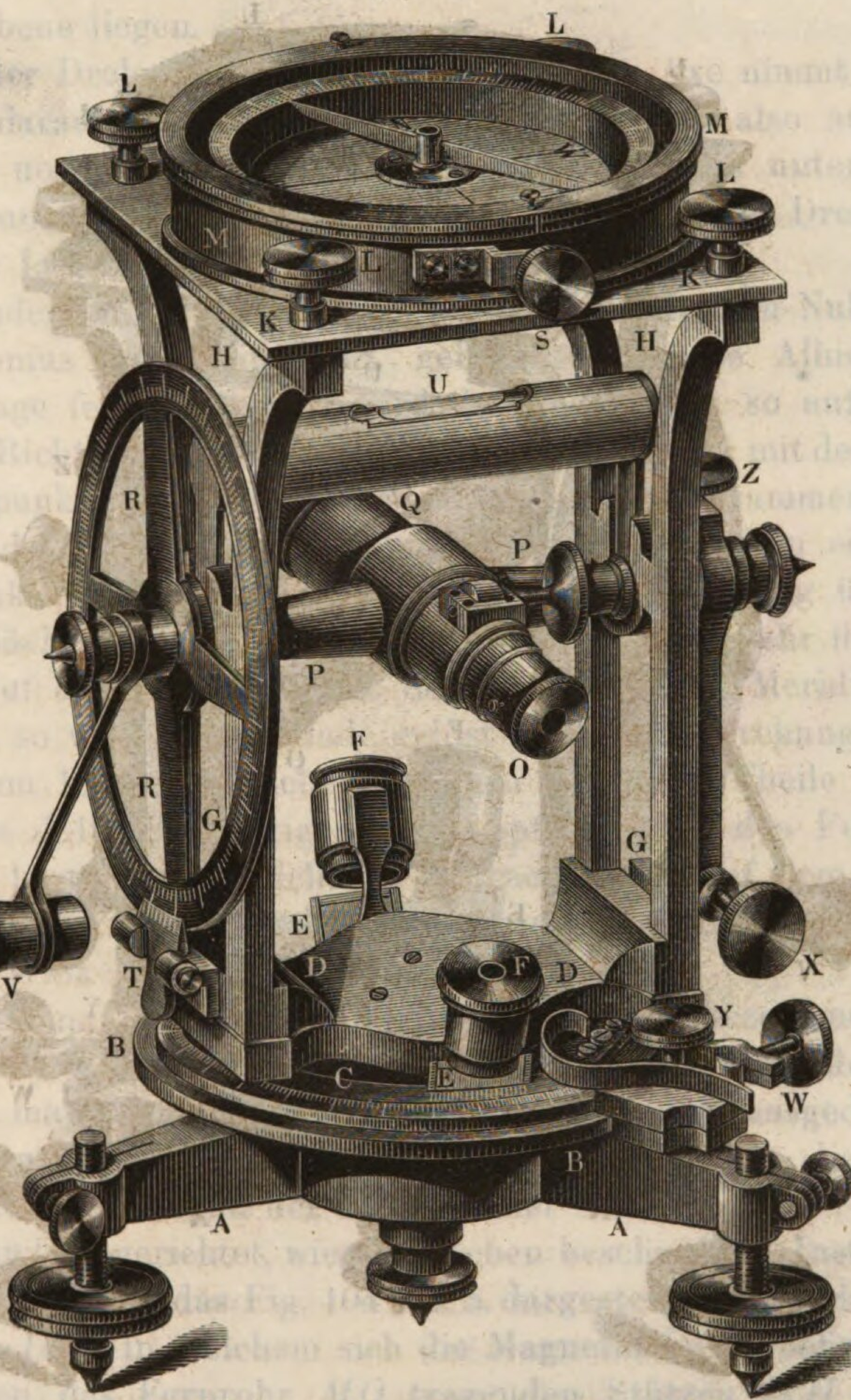
gen den Centralzapfen drückt, stellt man, nach erfolgter Einstellung der Axe des Fernrohrs in die Visirlinie, das Instrument fest.

265 Bei dem sogenannten Setzcompasse, einem Instrumente, welches früher zum Markscheiden gebraucht wurde, jetzt aber veraltet ist, liess man die Magnetnadel stets auf die zwölfte Stunde einspielen und drehte dann die Regel in die Richtung der Linie, deren Richtung bestimmt werden sollte, wo dieselbe dann den zu bestimmenden Winkel in Stunden und kleineren Theilen angab. Bei der mangelhaften Einrichtung, welche dieses Instrument hatte, gab es nur sehr ungenaue Resultate, weshalb es aufgegeben und ausser Gebrauch gesetzt wurde. In neuester Zeit hat man aber das dem Setzcompasse zum Grunde liegende Princip, dass man nämlich aus der ursprünglichen Richtung der Nadel oder dem magnetischen Meridiane durch Drehung in die zu bestimmende Richtung übergeht, wieder aufgenommen, und hat, indem man die Magnetnadel mit einem Theodoliten in Verbindung brachte, Instrumente construirt, mit welchen sich die Winkel, welche beliebige Richtungen im Horizonte oder den astronomischen Meridian mit dem magnetischen Meridian einschliessen, sehr genau bestimmen lassen. Die Einrichtung solcher Instrumente ist aus den Figuren 102, 103 und 104 ersichtlich.

266 Fig. 102 ist das Bild eines kleinen, höchst zweckmässig eingerichteten Universalinstruments für Feldmesser und Markscheider. Eine ausführlichere Beschreibung dieses, sowie des Instruments Fig. 104 findet man in der „Markscheidekunst“ des Herrn Prof. Weisbach, zweite Abtheilung. Bei dem Instrumente

Fig. 102 ist die von der Platte *KK* getragene Boussole *MM* auf einem Unterbaue angebracht, welcher in seinen wesentlichen Theilen mit dem auf Seite 14 beschriebenen Theodoliten überein-

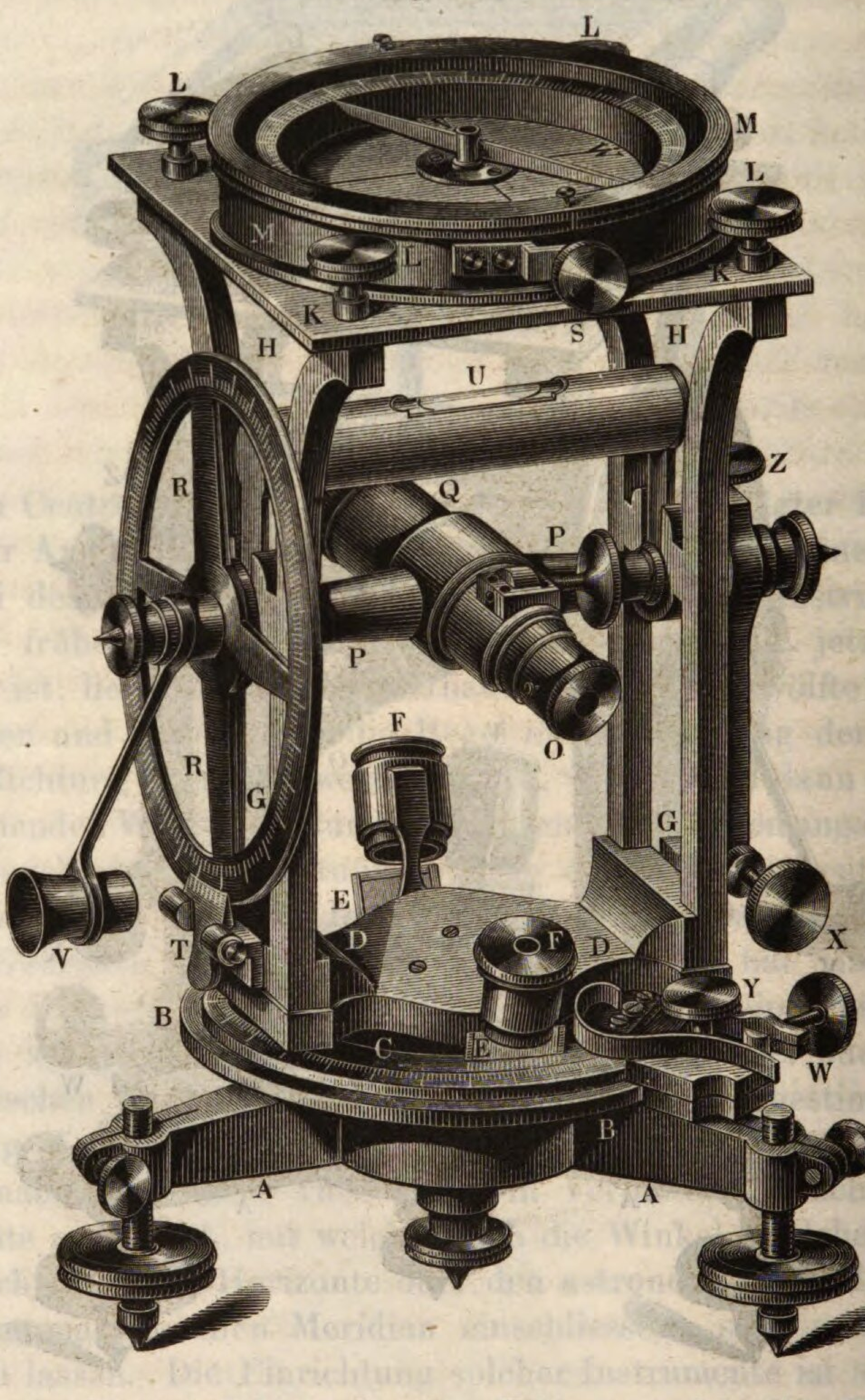
Fig. 102.



stimmt. Auf dem Alhidadenkreise *C*, welcher sich um eine verticale Axe innerhalb des auf *BB* befestigten, in der Figur durch die Theilstriche kenntlichen Limbus dreht, ist die Platte *DD* aufgeschroben, welche das Gestell *GHGH* trägt. Zwischen letztere ist das Fernrohr *Q* angebracht und auf ihm ruht die Platte *KK* mit der Boussole *MM*. Das Fernrohr *Q* und die Boussole *MM*

drehen sich somit zugleich mit dem Alhidadenkreise gleichförmig horizontal herum. Durch die Libelle U vergewissert man sich

Fig. 103.



von der horizontalen Lage der Axe PP, um welche das Fernrohr vertical auf- und niederbewegt wird. An der Axe PP ist der zur Messung der Höhen- und Tiefenwinkel dienende Verticalkreis RR angebracht. Er dreht sich zugleich mit der Axe, die Grösse dieser Drehung wird mittelst des bei T befindlichen Nonius durch die Loupe V abgelesen.

Die Boussole *MM* ist mit der Platte *KK* so verbunden, dass die durch den Nullpunkt und 180° ihrer Theilung gehende Linie mit der optischen Axe des Fernrohrs und der durch den Nullpunkt und 180° auf der Alhidade genau in einer und derselben Verticalebene liegen.

An der Drehung der Alhidade *C* um ihre Axe nimmt der gesammte darauf ruhende Theil des Instruments, also auch das Fernrohr und die Boussole, gleichförmig Theil, der untere Theil des Instruments *AABB* bleibt aber während dieser Drehung in derselben Lage.

Nachdem der Nullpunkt der Alhidade *C* mit dem Nullpunkte ihres Nonius zur Coincidenz gebracht und die Alhidade in dieser Lage festgestellt ist, wird das Instrument so aufgestellt, dass die Richtung der magnetischen Axe der Nadel mit dem durch den Nullpunkt und 180° gehenden Durchmesser zusammenfällt.

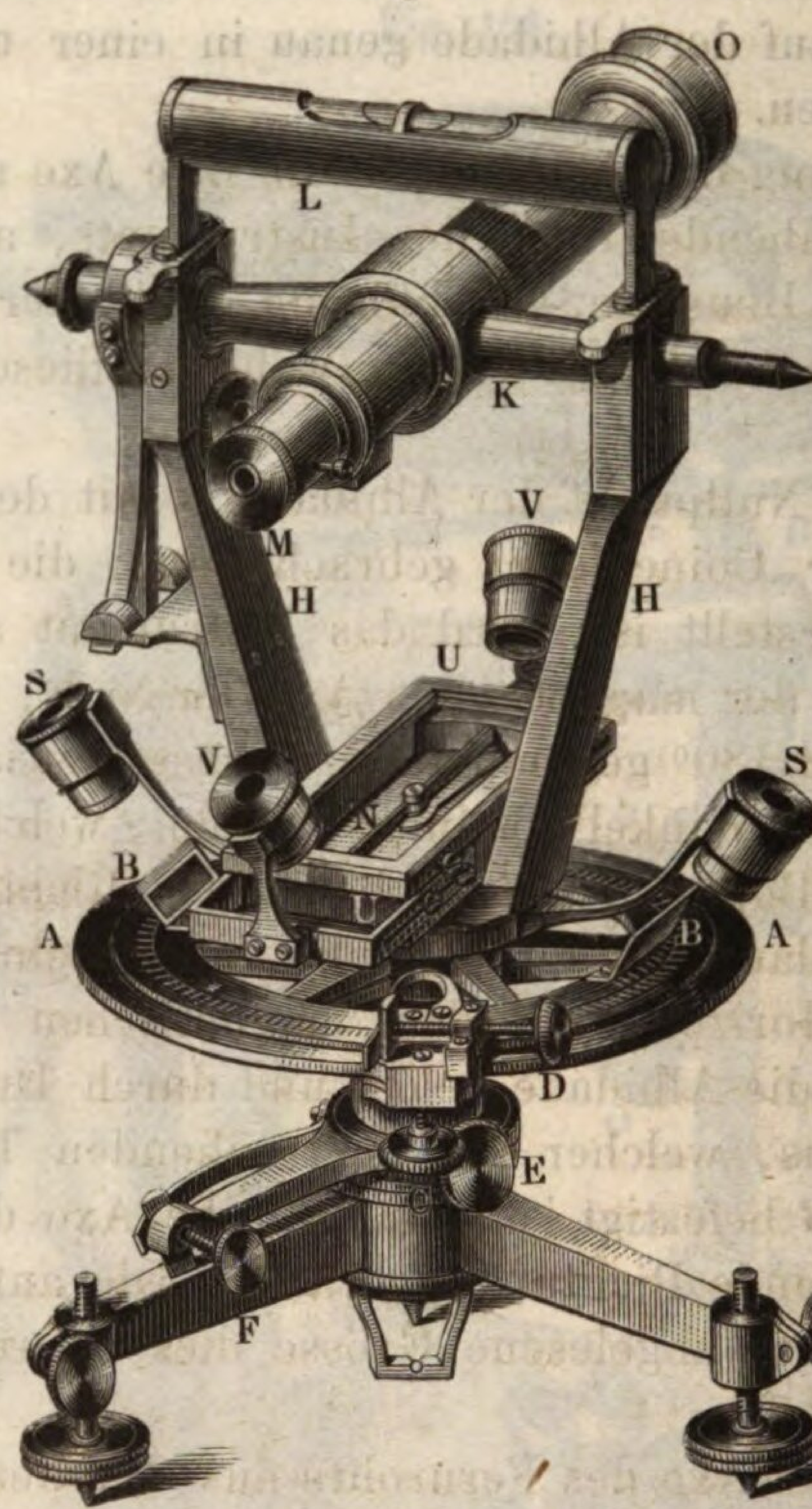
Soll darauf der Winkel bestimmt werden, welchen eine vom Mittelpunkte der Boussole aus in beliebiger Richtung über die Erdoberfläche fortlaufende gerade Linie, oder vielmehr ihre Projection auf den Horizont, mit dem magnetischen Meridian einschliesst, so wird die Alhidade gelöst und durch Drehung derselben in dem Limbus, welcher auf dem ruhenden Theile des Instruments *AABB* befestigt ist, die optische Axe des Fernrohrs in die zu bestimmende Richtung gebracht. Die auf dem Limbus des Alhidadenkreises abgelesene Grösse dieser Drehung ist der gesuchte Winkel.

Bringt man die Axe des Fernrohrs aus der bezeichneten ursprünglichen Lage in die Richtung des astronomischen Meridians, so erhält man durch den in Graden und Minuten ausgedrückten Winkel, um welchen hierbei die Alhidade gedreht ist, die Abweichung oder Declination der Magnetnadel selbst.

Aehnlich eingerichtet, wie das soeben beschriebene Instrument, 267
aber einfacher, ist das Fig. 104 a. f. S. dargestellte. Das viereckige Kästchen *UU*, in welchem sich die Magnetnadel *N* befindet, ist sammt den das Fernrohr *MO* tragenden Stützen *HH* auf dem Alhidadenkreise befestigt und nimmt an der Drehung des letztern Theil. Die optische Axe des Fernrohrs *MN* befindet sich mit der durch die Mitte des viereckigen Kästchens *UU* gehenden Linie, welche in der Lage des Instruments, welche Fig. 104 zeigt, durch die Magnetnadel *N* verdeckt wird, in einer und derselben Verticalebene. Die Nonien der Alhidade bei *BB* haben die Lage,

dass eine Linie, welche sie verbindet, rechtwinkelig auf jener Verticalebene steht. Nachdem auch hier die Alhidade so eingestellt

Fig. 104.



ist, dass der Nullpunkt des Nonius mit dem Nullpunkte der Limbustheilung zusammenfällt und der Kreis AA eine horizontale Lage hat, wird das Instrument so aufgestellt, dass die Magnetnadel ungefähr die Richtung des magnetischen Meridians hat. Ist dieses geschehen, so wird die Arretirung der Nadel gelöst, so dass sie sich frei bewegen kann, und nun die genaue Einstellung derselben durch die Schraube F bewirkt. Damit man sich Gewissheit darüber verschaffen kann, dass die Nadel gehörig einspielt, so sind über den beiden Endpunkten der durch das Kästchen UU gehenden Linie die Loupen VV angebracht. Wenn das Instrument gehörig aufgestellt ist, so wird die Nadel arretirt, die Bremsschraube der Alhidade gelöst, und letztere so weit gedreht, dass die optische Axe des Fernrohrs die Richtung der Li-

nie hat, deren Lage gegen den magnetischen Meridian bestimmt werden soll. Die genauere Einstellung des Fernrohrs geschieht durch die Schraube *D*. Ist auch das Fernrohr in die gehörige Lage gebracht, so wird mittelst der Loupen *S*, *S* der Winkel abgelesen, welchen die Richtung seiner Axe oder vielmehr deren Projection auf den Horizont, mit dem magnetischen Meridiane macht.

Es ist nicht durchaus erforderlich, dass beim Beginne der Messung und bevor man die Magnetnadel durch Drehung des Gesammtinstruments in die normale Lage bringt, der Nullpunkt des auf der Alhidade befindlichen Nonius mit dem Nullpunkte der Limbustheilung zur Coincidenz gebracht wird; nur ist es bequemer. Wenn aber der Nullpunkt des Nonius mit dem Anfangspunkte der Limbustheilung nicht zusammenfällt, so muss man seinen Abstand von letzterm ablesen und die Grade und Minuten, welche man dadurch erhält, von dem Winkel subtrahiren, welchen man nachher durch Einstellung der Visirlinie in die zu bestimmende Richtung erhält. Hiermit ist die Möglichkeit gegeben, die Winkel auch hier nach dem von Tobias Meyer und Borda aufgestellten Principe der Repetition oder Multiplication der Winkel zu bestimmen.

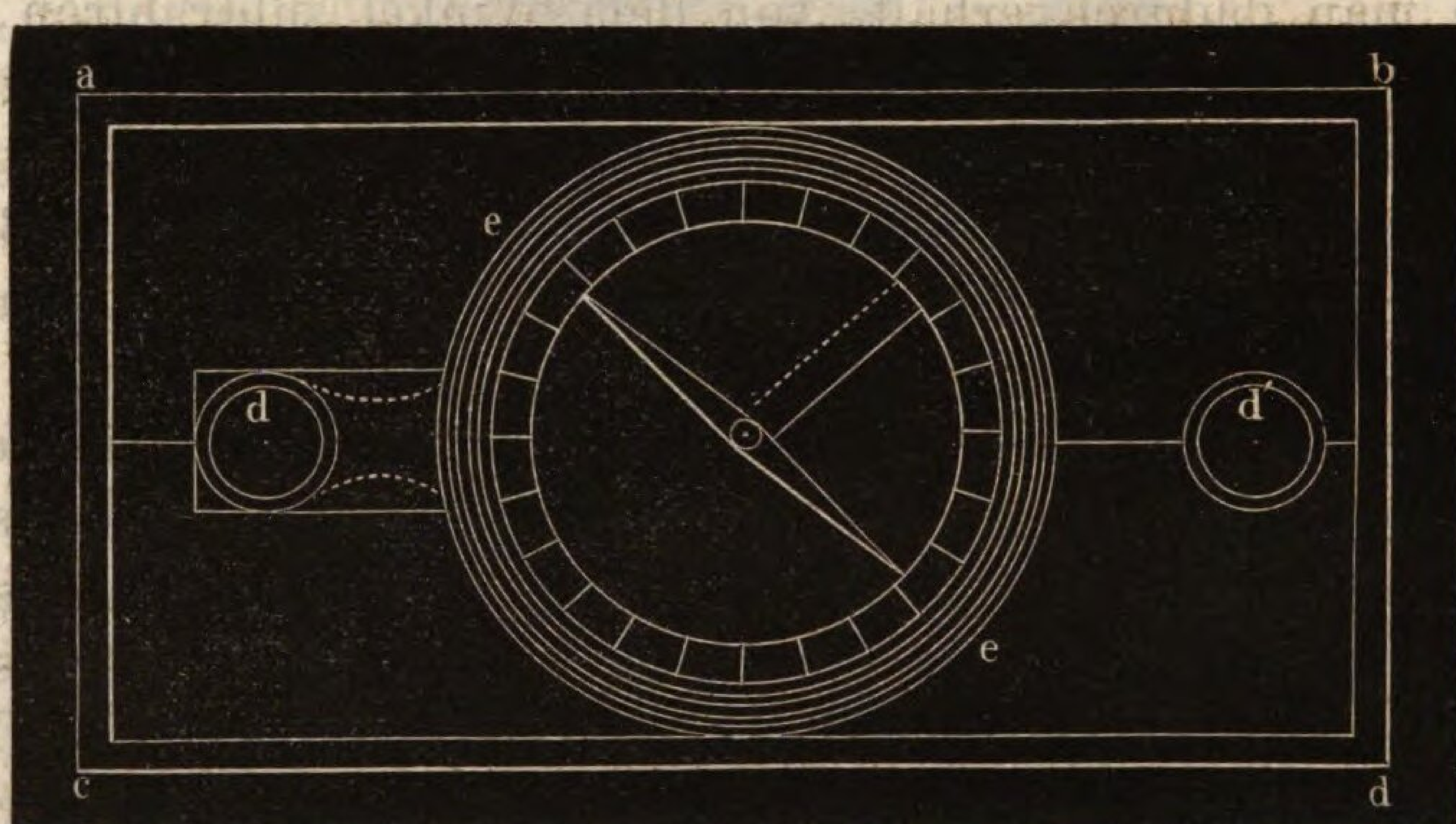
Zur Bestimmung der Declination der Magnetnadel sind die in Fig. 103 und 104 dargestellten Instrumente sehr geeignet. Es mag hier aber noch bemerkt werden, dass sich die Winkel zwar schärfer, als durch irgend eine der bisher gebräuchlichen Boussolen messen lassen, dass aber andererseits die höchst einfache Manipulation, mittelst welcher die Winkel durch die Feldmesserboussole bestimmt werden, ganz verloren geht. Daher werden die neuen Instrumente, abgesehen von den zu ihrer Anschaffung erforderlichen Kosten, bei den Feldmessern schwerlich allgemeinen Eingang finden. Beim Feldmessen hat sich die Boussole, obgleich sie nicht die genauesten Resultate giebt, im Gebrauche erhalten, eben nur durch die Einfachheit und Bequemlichkeit, mit welcher sie gehandhabt werden kann, und den geringen Zeitaufwand, welcher zur Winkelmessung mit derselben erforderlich ist. Wäre dieses nicht der Fall, so ist nicht abzusehen, weshalb man die Winkel nicht mit einem Theodoliten messen wollte. Beim Markscheiden verhält es sich freilich anders.

Auch die einfache Feldmesserboussole kann man nach dem 268
Principe construiren, welches den soeben beschriebenen Instru-

menten zum Grunde liegt. Zu diesem Zwecke ist nur erforderlich, die Dioptern *E* und *F* (Fig. 100, S. 266) mit der Büchse *AB* zu verbinden, diese letztere auf, oder in der Platte *CD* beweglich zu machen, die Theilung, anstatt auf einem der Büchse *AB* eingesprengten Ringe, auf der unbeweglichen Platte *CD*, die Nonien aber auf der drehbaren Platte, welche die Büchse trägt, und etwas grösser ist, als letztere, aufzutragen. Bei einer solchen Einrichtung wird aber auch hier für jeden der zu messenden Winkel statt der einmaligen, eine zweimalige Einstellung des Instruments erforderlich.

269 Ein wichtiges Zubehör zu jedem Compass, welcher zum Feldmessen oder Markscheiden gebraucht werden soll, ist das Zulege- oder Auftrage-Instrument, Fig. 105. Dieses gebraucht man bei der Entwerfung des Grundrisses der mit der Boussole

Fig. 105.



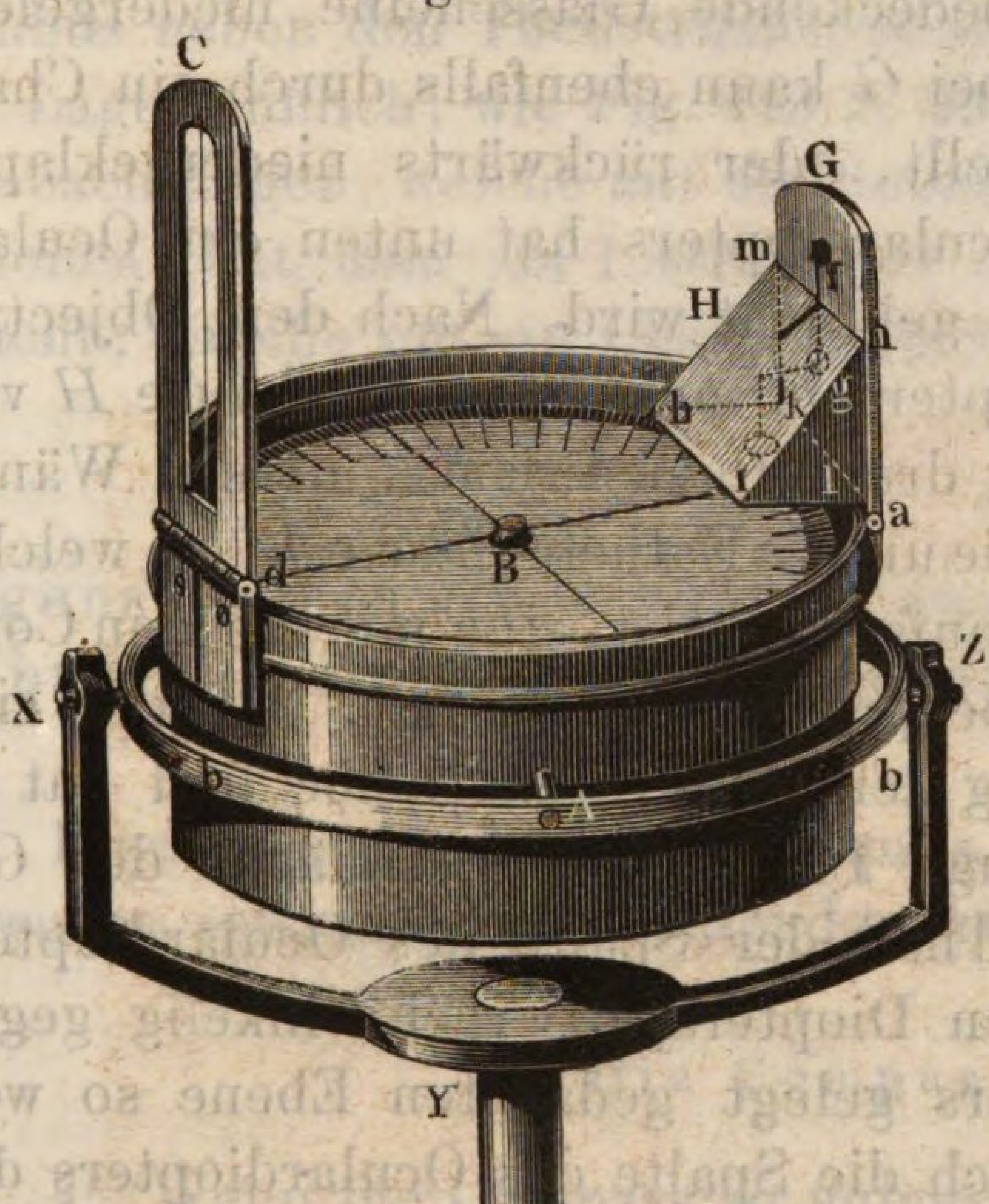
aufgemessenen Gegend. Der Haupttheil desselben ist die nämliche Boussole, deren man sich bei der Vermessung bediente. Letztere wird vom Kopfe des Stativs abgenommen und auf eine genau rechtwinkelig gearbeitete vierseitige Platte *abcd* in den Zulegering *ee*, in welchen die Boussole genau passen und sich darin drehen lassen muss, so befestigt, dass die durch 0° und 180° gehende Mittagslinie eine Lage hat, welche mit den Kanten *ab* und *cd* genau parallel ist. Um letzteres sicher und schnell ausführen zu können, ist die Lage, welche die Boussole im Zulegeringe einnehmen muss, durch Zeichen angedeutet. Bei *d* und *d'* befinden sich zwei Knöpfe, mittelst deren sich das Instrument bequem anfassen und handhaben lässt. Die an das Zulege-Instrument gestellten Forderungen sind, dass die Zulegeplatte genau

rechtwinkelig ist und dass die Nord-Süd- und Ost-Westlinie den entsprechenden Kanten genau parallel laufen. Beides lässt sich leicht prüfen.

Der Azimuthal-Compass.

Die Seefahrer bedienen sich zur Bestimmung der Abweichung 270
der Compassnadel des sogenannten Azimuthal-Compasses, Fig. 106. Im Wesentlichen stimmt die Einrichtung dieses Instruments mit einer mit Dioptern versehenen Feldmesserboussole überein, und unterscheidet sich nur, wie alle Seecompasse, dadurch, dass die Theilung auf einer aus starkem Papier bestehenden Scheibe abgetragen ist, welche letztere auf der Magnetnadel befestigt wird. Ferner ist bei diesem Instrumente das Gehäuse, die Compassdose oder der Compassmörser, so aufgehangen, dass die Nadel bei den Schwankungen des Schiffes stets in horizontaler Lage bleiben kann.

Fig. 106.



Bei den neueren Instrumenten besteht die Windrosenscheibe aus Glimmer und ist an ihrem äussersten Rande mit einem möglichst leichten, versilberten Kreise von Messing umgeben, auf welchem sich die Theilung befindet. Die Windrosenscheibe wird, während man den Compass nicht gebraucht, durch eine Schraube, oder durch einen Hebel festgestellt.

Die Compassdose hat von Aussen an zwei einander diametral gegenüberstehenden Stellen zwei Zapfen, von welchen der eine bei *A* (Fig. 106) zu sehen ist, der andere sich aber an der abgekehrten Seite der Dose befindet. Mit diesen Zapfen hängt der Compass beweglich in dem Ringe *bb*, welcher selbst an den, ebenfalls um den Durchmesser von einander entfernten Stellen, *X*, *Z*, zwei Zapfen hat. Jeder von diesen steht aber um 90° von den beiden

Stellen ab, an welchen die Zapfen der Dose in den beiden Ringen liegen. Die Zapfen des Ringes liegen dann in den Oeffnungen des vertical stehenden Bügels *XYZ*. Durch diese, der Rolllampe des Cardanus ähnliche Weise der Aufhängung hält sich die Dose und mit ihr die Compassscheibe und Compassnadel stets in horizontaler Lage, das Schiff mag stampfen (d. h. sich in der Richtung des Kiels auf- und niederbewegen), oder schlingern (d. h. von einer Seite zur andern schwanken).

Das Objectivdiopter *C* ist mit einem vertical ausgespannten Haare zum Visiren versehen. Es kann durch ein Charnier bei *d* auf die die Compassdose bedeckende Glasscheibe niedergelegt werden. Das Oculardiopter bei *G* kann ebenfalls durch ein Charnier bei *a* senkrecht aufgestellt, oder rückwärts niedergeklappt werden. Die Spalte *f* des Oculardiopters hat unten ein Ocularloch *g*, vor welches das Auge gebracht wird. Nach dem Objectivdiopter zu hat das Oculardiopter ein messingenes Gehäuse *H* von der Form eines rechtwinkelig dreiseitigen Prismas, dessen Wände inwendig geschwärzt sind. Die untere Kathetenfläche *hikl*, welche, wenn das Diopter senkrecht aufgestellt ist, eine mit der den Compass bedeckenden Glasscheibe parallele Lage hat, befindet sich gerade über der Kreistheilung der Windrosenscheibe und hat in der Mitte eine kleine Oeffnung. Die Hypotenusenfläche des Gehäuses *himn*, welche einen Theil der Spalte des Oculardiopters deckt, ist in einer durch den Diopterspalt rechtwinkelig gegen die Fläche des Oculardiopters gelegt gedachten Ebene so weit eingeschnitten, dass man durch die Spalte des Oculardiopters das Haar im Objectivdiopter sehen kann. Dieses prismatische Gehäuse ist die Hülle eines aus Glas geschliffenen Prismas, dessen untere Kathetenfläche etwas concav ist.

Befindet sich nun die Pupille des Auges hinter dem Spalt *fg* im Oculardiopter, so sieht man durch das Glasprisma das Haar des Objectivdiopters und durch die kleine Ocularöffnung zugleich die als Spiegel erscheinende Hypotenusenfläche. Die von den Theilstrichen und den daneben stehenden Zahlen auf dem Rande der die Nadel bedeckenden Scheibe ausgehenden Lichtstrahlen fallen rechtwinkelig auf die untere Kathetenfläche des Glasprismas, treten in dasselbe hinein, treffen unter einem Winkel von 45^0 auf die Hypotenusenfläche, werden unter gleichem Winkel reflectirt, und gelangen so durch das Ocularloch ins Auge. Das Glasprisma vertritt somit die Stelle eines Spiegels, welcher unter einem Win-

kel von 45° gegen die Ebene, in welcher die Theilung liegt, geneigt ist, und somit wird das Bild eines Theilstriches in der Richtung des Objectivdiopters, zugleich mit dem in letzterm vertical ausgespannten Haare und dem Gegenstande, mit welchem letzteres zur Deckung gebracht ist, gesehen. Der durch Reflexion gesehene, mit dem Haare im Objectivdiopter zusammenfallende Theilstrich ist aber gerade der, welcher den Winkel angiebt, unter welchem die vom Auge nach dem gepeilten Gegenstande gezogen gedachte gerade Linie den magnetischen Meridian scheidet. — Weil durch die Spiegelung das Bild umgekehrt wird, so sind die auf dem Limbus neben den Theilstrichen stehenden Zahlen in umgekehrter Lage, ähnlich, wie Fig. 113 S. 298 zeigt, eingravirt. Um bei Beobachtungen, welche auf die Sonne gerichtet sind, das Auge zu schonen, hat man am Instrumente noch gefärbte Gläser angebracht, welche um ein Charnier drehbar sind.

Eigenschaften einer guten Boussole, oder eines brauchbaren Compasses, und Prüfung dieser Instrumente.

Eine Boussole oder ein Compass, welcher seinem Zwecke entsprechen soll, muss den folgenden Anforderungen genügen. 271

1. Die Compassnadel.

a. Wenn der Compass so aufgestellt ist, dass die Glasscheibe, welche die Büchse bedeckt, eine horizontale Lage hat, so muss die Nadel bei ihrer Bewegung auf der Spitze des Stiftes ebenfalls eine horizontale Ebene beschreiben. Da hierbei die Inclination in Betracht kommt, so ist an der Nadel der Seecompasse ein kleines verschiebbares Gewicht, der Läufer, angebracht. Fehlt dieses, so stellt der Seefahrer die durch die Ortsveränderung des Schiffes herbeigeführte Abweichung von der horizontalen Lage durch ein Stückchen Klebwachs, oder einen Tropfen Siegellack wieder her.

b. Die Nadel muss möglichst stark magnetisirt sein.

c. Das Carneol- oder Achathütchen muss innen auf eine zweckmässige Weise ausgebohrt und fein polirt sein.

d. Die Nadel muss sich auf dem Hütchen umlegen lassen.

2. Der Stift muss gerade und scharf zugeschliffen sein und

genau im Mittelpunkte des Gradringes sowie im Mittelpunkte der Theilung stehen. Dabei müssen der Stift und die innere Höhlung des Hütchens so zusammenpassen, dass die Nadel bei ihren Oscillationen nicht auch zugleich vibrirt.

3. Die Vorrichtung zur Arretirung der Nadel muss so gearbeitet sein, dass die Nadel, indem sie von der Spitze des Stiftes gehoben und gegen das Glas gedrückt wird, ihre horizontale Lage behält.

4. Ausser der Nadel und dem Stifte muss alles eisenfrei gearbeitet sein. Auch darf das Messing, woraus die Büchse oder der Compassmörser gearbeitet ist, nicht eisenhaltig sein.

Die Prüfung dieser Eigenschaften geschieht auf folgende Weise:

a. Ob das Messing, aus welchem das Gehäuse gearbeitet, eisenfrei ist, zeigt sich, wenn man dasselbe einer kleinen, auf einer Spitze frei schwebenden, leicht beweglichen Magnetnadel, Fig. 107, nähert. Wenn das Messing eisenhaltig ist, so wird die Nadel von demselben angezogen. Alles Messing, welches durch eiserne Walzen gegangen, wirkt auf die Magnetnadel.

Fig. 107.



b. Mehrere der aufgeführten Eigenschaften zeigen sich schon, wenn man den Compass oder die Boussole so aufstellt, dass die Glasplatte eine horizontale Lage hat. Man achte dann aber auch zugleich darauf, ob die Theilstriche des Limbus, welche vor der Südspitze und Nordspitze der Nadel stehen, genau um 180° von einander entfernt sind. Zeigt sich eine Differenz, welche grösser als 5 bis 8 Minuten, so kann der Grund sein: a) entweder der Stift steht nicht genau im Mittelpunkte der Theilung; oder b) er ist etwas verbogen; oder c) der Fehler liegt in der Theilung selbst.

Ob diese Fehler vorhanden sind, sowie auch, ob die Nadel die erforderliche magnetische Kraft hat und das Hütchen gut ausgeschliffen ist, zeigt sich, wenn man, nachdem man den Compass im Freien gehörig aufgestellt hat, einen beliebigen Gegenstand

einvisirt und die Theilung an beiden Enden der Nadel abliest und aufzeichnet, dann die Dioptern, oder das Fernrohr auf einen zweiten, etwa um 45° von dem ersten Gegenstande abstehenden richtet und ebenfalls den Stand der Nadel aufzeichnet. Dasselbe thut man ferner mit einem dritten und vierten Gegenstande. Nachher richtet man die Diopteru, oder das Fernrohr nochmals auf dieselben Gegenstände, von dem einen zum andern bis zum ersten zurückgehend und zeichnet hierbei ebenfalls die Lage der Nadel nach Angabe der Theilung auf. Findet man alsdann, dass die Magnetnadel jedesmal bei demselben Theilstriche einspielt, wie zuvor, so besitzt dieselbe die erforderlichen Eigenschaften. Ist dieses aber nicht der Fall, so kann der Grund, ausser in den genannten, noch in folgenden Umständen liegen. Wenn nämlich der Stift genau im Mittelpunkte steht und das Instrument richtig getheilt ist, so werden sich dennoch Abweichungen zeigen:

a. Wenn die magnetische Kraft der Nadel zu gering ist. Diese letztere kann sich im Laufe der Zeit von selbst, oder auch durch andere Einflüsse vermindern.

b. Wenn sich Stäubchen oder Fäserchen in der Höhlung des Nadelhütchens angesetzt haben.

c. Wenn die äusserste Spitze des Stiftes verbogen, oder auch zu stumpf geworden ist.

Diesen letzteren Uebelständen ist leicht abzuhelfen; dem ersten durch Magnetisiren der Nadel, dem zweiten durch Reinigen des Hütchens, dem dritten durch gehörige Einstellung und Zuschärfung des Stiftes. — Eine Wiederholung des eben angegebenen Verfahrens wird schliesslich zeigen, ob der Compass nun den Forderungen entspricht.

Ablesung der mit der Boussole zu messenden Winkel.

Die Ablesung der Compasstheilung betreffend mag hier noch 272
bemerkt werden, dass bei einer Boussole, deren Durchmesser 5″ im Lichten beträgt und deren Limbus nur bis auf halbe Grade getheilt ist, noch $7\frac{1}{2}'$ mit einiger Sicherheit, $3\frac{1}{4}'$ aber durch Schätzung abgelesen werden können.

Bei einer meiner Boussolen ist der Limbus bis auf halbe Grade getheilt, die Nadel derselben ist an der Spitze so breit, dass drei Breiten gleich dem Zwischenraume zweier Theilstriche, also gleich einem halben Grade sind. Hat nun die Nadel eine solche Lage,

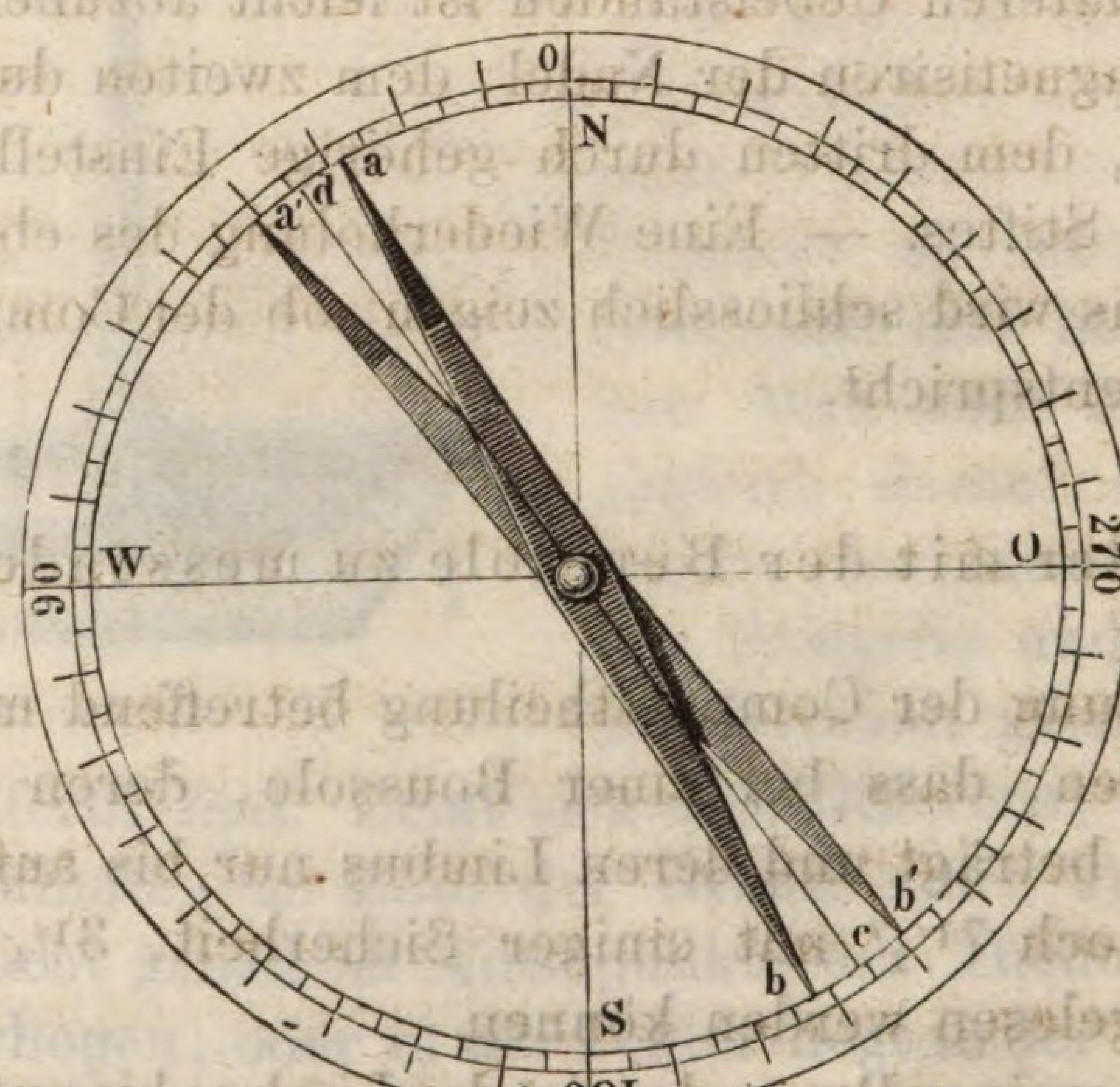
dass sie genau in der Mitte zwischen zwei Theilstrichen liegt, oder dass sie mit ihrer Kante den einen, oder andern Theilstrich genau berührt, so ist der durch sie angegebene Winkel 15′, oder $7\frac{1}{2}$′, oder $22\frac{1}{2}$′. Genau in einer solchen Lage wird sich die Nadel aber selten befinden, sondern sie wird entweder mit einem der Theilstriche fast zusammenfallen, oder an der Mittellage wird noch etwas fehlen, oder die Nadelspitze geht etwas darüber hinaus u. s. w. Bezeichnet man nun bei einer Lage der Nadel, wo die Nadel über einen Theilstrich hinausgeht, den geringsten Ueberschuss durch r (reichlich), die, wo eben so viel daran fehlt, durch s (scharf), ferner die, wo die Ecke der Nadelspitze den Theilstrich genau berührt, durch rr, oder auf der andern Seite durch ss, so hat man zwischen zwei Theilstrichen, von welchen der eine mit 1, der folgende mit 2 bezeichnet werden mag,

1, 1r, 1rr, $\frac{1}{2}$s, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$r, 2ss, 2s, 2.

Von dem zwischen zwei Theilstrichen liegenden Intervalle lässt sich also ein Theil, welcher gleich einem Achtel desselben ist, mit ziemlicher Sicherheit ablesen. Ist also der zwischen zwei Theilstrischen liegende Bogen $= \frac{1}{2}{}^0 = 30'$, so enthält ein solcher Theil $^{30}/_8$ oder $3\frac{3}{4}$ Minuten.

273 Oben ist gefordert, dass eine Magnetnadel, um gut genannt

Fig. 108.



werden zu können, auf dem Hütchen sich umlegen lassen müsse. Es kommt nämlich vor, dass die magnetische Axe der Nadel

nicht genau mit der geometrischen zusammenfällt. Ist dieses der Fall, so wird die durch die Richtung der Nadel bestimmte Declination mit einem constanten Fehler behaftet sein. Dieser kann indess, wenn sich die Nadel umlegen lässt, leicht corrigirt werden. Das Verfahren, welches man zu diesem Zwecke anwendet, heisst die Methode des Umkehrens und besteht in Folgendem.

Hätte die Nadel die Lage *ab* (Fig. 108 a. v. S.), ihre magnetische Axe aber die Richtung *dc*, so würde die Gradzahl, auf welche die Spitze der Nadel *a* zeigt, kleiner, als die gesuchte Declination sein. Legt man dann aber die Nadel auf dem Hütchen um, so wird sie in der Lage *a' b'* zur Ruhe kommen, und es zeigt nun die Spitze *a'* der Nadel auf eine Gradzahl, welche um eben so viel zu gross ist, als jene erste zu klein war. Man erhält somit den wahren Werth der Declination, wenn man die beiden Ablesungen bei *a* und *a'* addirt und durch 2 dividirt.

Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel.

a. Bestimmung der Abweichung, indem man die durch die Magnetnadel angegebene Richtung unmittelbar auf den astronomischen Meridian bezieht.

Wäre die Richtung des astronomischen Meridians im Horizonte immer schon gegeben, so liesse sich die Abweichung der 274
Magnetnadel einfach auf die Weise bestimmen, dass man die Boussole oder den Compass in einem Punkte der Mittagslinie aufstellte und die Dioptern, oder das Fernrohr auf das Meridianzeichen richtete. Der Winkel, welchen in diesem Falle die Axe der Magnetnadel mit der Visirlinie machte, auf dem Limbus des Compasses abgelesen, würde unmittelbar die Grösse der Abweichung der Compassnadel geben.

Die Richtung des astronomischen Meridians ist indess auf dem Meere nie, auf dem Festlande aber nur selten unmittelbar gegeben. Für manche Zwecke genügt eine auf die in §. 11 angegebene Weise auf einer horizontalen Ebene mittelst des Gnomens verzeichnete Mittagslinie, und der Feldmesser bestimmt die Abweichung einfach, wenn auch nicht sehr genau, dadurch, dass er das Zulege-Instrument an die gezogene Mittagslinie legt und die Abweichung der Nadel unmittelbar abliest.

Bei jeder Vermessung, welche mittelst der Boussole gemacht

wird, muss, wenn bis zu ihrer Vollendung längere Zeit verfliesst, nothwendig beim Anfange und auch während der Dauer der Vermessung von Zeit zu Zeit untersucht werden, ob sich die Abweichung der Magnetnadel geändert habe. Es ist ersichtlich, dass, wenn letzteres der Fall sein sollte, eine Correction der gemessenen Winkel erforderlich sein würde. Die Figur, welche man durch das Zulege-Instrument von der aufgemessenen Fläche erhält, wird, wenn sich die Declination in der über der Vermessung verflossenen Zeit geändert hat, verschoben und daher in allen Theilen unrichtig sein. Zu dieser Prüfung ist die Kenntniss der Lage der Mittagslinie nicht durchaus nothwendig, indem sich eine etwaige Veränderung der Abweichung schon herausstellt, wenn man beim Beginn der Messung von einem passend gelegenen Punkte aus irgend einen entfernten Gegenstand, etwa eine Thurmspitze, peilt, und das beobachtete magnetische Azimuth derselben aufzeichnet, dann aber von Zeit zu Zeit die Peilung desselben Gegenstandes genau von demselben Punkte aus wiederholt. Aus einer Vergleichung dieser Beobachtungen ergiebt sich, ob und wie viel sich die magnetische Abweichung in den zwischen den Beobachtungen liegenden Zeitabschnitten geändert hat.

b. Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel durch Beziehung des magnetischen und wahren Azimuths aufeinander.

275 Das Azimuth eines Gegenstandes, sei dieser ein Gestirn, oder ein auf der Oberfläche der Erde befindliches Object, ist nach §. 14 der Winkel, welchen die Ebene des Meridians mit der durch einen bestimmten Punkt des Gegenstandes gelegt gedachten Verticalebene einschliesst, oder der Bogen des Horizonts, welcher zwischen jenen beiden Ebenen liegt. Bezieht man hierbei die durch das Object gelegt gedachte Verticalebene auf den astronomischen Meridian, so erhält man das wahre Azimuth, bezieht man sie hingegen auf den durch die Richtung der Magnetnadel angegebenen magnetischen Meridian, so findet man das magnetische Azimuth. Eine Vergleichung beider giebt die Abweichung der Magnetnadel. Das Nähere über diese Vergleichung folgt weiter unten. Zuvörderst handelt es sich um die Bestimmung sowohl des magnetischen, als des wahren Azimuths.

Wenn man eine Feldmesserboussole von der §. 266 be-

schriebenen Einrichtung besitzt, mit welcher auch Höhenwinkel gemessen werden können, so lassen sich die zur Bestimmung des magnetischen und wahren Azimuths erforderlichen Beobachtungen, und zwar von einem und demselben Beobachter machen. Dieser richtet am Vormittage, oder Nachmittage, wenn sich die Sonne in der Nähe des ersten Verticals befindet, und eine Höhe erreicht hat, welche nicht geringer als 12° ist, das mit einem gefärbten Glase versehene Fernrohr auf die Sonne, bestimmt mittelst des Fadenkreuzes die Höhe ihres Ober- oder Unterrandes, liest dann den Winkel ab, welchen die Magnetnadel mit der durch den Süd- und Nordpunkt gehenden Linie des Compasses macht, und erhält hierdurch das magnetische Azimuth. Bei jeder solchen Beobachtung werden die beiden auf dem Limbus des Compasses vor dem Nord- und Südende der Nadel stehenden Zahlen abgelesen. Hierdurch wird der aus einer etwa vorhandenen Excentricität des Compasses entspringende Fehler eliminirt. Man addirt zu diesem Zwecke beide Ablesungen, subtrahirt von der Summe 180° und dividirt den Rest durch 2. Der Quotient ist das magnetische Azimuth.

Wenn der Limbus des Compasses in 360° getheilt ist, so ist in Beziehung auf die Ablesung noch Folgendes zu bemerken. Befindet sich das gepeilte Object an der östlichen Seite des Meridians, so giebt, nachdem man den Gegenstand einvisirt hat, die vor der Südspitze der Nadel stehende Zahl das magnetische Azimuth an, und zwar ist dieses von Süden ausgehend nach Osten hin gezählt. Befindet sich aber der Gegenstand, auf welchen die Visirlinie gerichtet ist, an der westlichen Halbkugel des Himmels, so drückt die vor der Nordspitze der Nadel stehende Zahl das magnetische Azimuth aus, und zwar ist dieses vom Nordpunkte ausgehend nach Westen herum gerechnet. Um das Azimuth für einen an der östlichen Seite des Meridians befindlichen Himmelskörper vom Nordpunkte an gerechnet, auf der westlichen Seite aber vom Südpunkte ausgehend zu erhalten, subtrahirt man die vom Limbus auf die angegebene Weise abgelesenen Zahlen von 180°.

Nachdem das magnetische Azimuth bestimmt ist, wird an dem mit dem Fernrohre verbundenen Verticalkreise die Höhe der Sonne abgelesen und ebenfalls aufgezeichnet. Aus der durch Messung gefundenen scheinbaren Höhe des untern, oder obern Randes wird dann auf die §. 163 angegebene Weise die wahre Höhe

des Mittelpunktes abgeleitet. Durch die wahre Höhe des Sonnenmittelpunktes, ihre Declination, welche man durch Tafel II. erhält und durch die Breite des Ortes der Beobachtung, bestimmt man darauf mittelst des Diagramms das wahre Azimuth auf die in §. 210 angegebene Weise.

Schliesslich findet man durch Vergleichung des magnetischen Azimuths mit dem wahren die Declination der Magnetnadel.

276 Beispiel. 1854, August 28, wurde zu Emden um $5^h\ 2^m\ 11^s$ P. M. das magnetische Azimuth der Sonne beobachtet. Letzteres wurde an beiden Enden der Compassnadel abgelesen, und hierdurch ergaben sich die Zahlen $77^3/_4{}^0$ und $257^3/_4{}^0$. Aus der beobachteten Höhe der Sonne folgte als wahre Höhe des Mittelpunktes $16^0\ 34'$. Die geographische Breite des Ortes der Beobachtung ist $53^0\ 22'$ N, die Declination der Sonne $+ 9^0\ 42'$. Welche Abweichung zeigte die Magnetnadel?

Aus den beiden Compassablesungen folgt:

$$\begin{array}{rr} & 257^3/_4{}^0 \\ & 77^3/_4{}^0 \\ \hline \text{Summe} & 335^1/_2{}^0 \\ \text{ab} & 180^0 \\ \hline \text{Rest} & 155^1/_2{}^0 \end{array}$$

(2

Magnetisches Azimuth $77^3/_4{}^0$.

Für $\psi = 90^0 - \varphi = 36^0\ 38'$, $\delta = 9^0\ 42'$ und $h = 16^0\ 34'$ findet man mittelst des Diagramms (vergl. §. 210 u. d. f.):

$$\begin{array}{rr} \text{Das wahre Azimuth von Süden} = & 83^0\ 55' \\ \text{Abgezogen von} & 179^0\ 60' \\ \hline \text{Wahres Azimuth von Norden} = & 96^0\ \ 5'. \end{array}$$

Aus dem magnetischen und wahren Azimuth ergiebt sich dann die magnetische Abweichung auf folgende Weise:

$$\begin{array}{rl} \text{wahres Azimuth} = & 96^0\ \ 5' \\ \text{Magnetisches Azimuth} = & 77^0\ 45'\ \text{subtrahirt} \\ \hline \text{Magnetische Abweichung} = & 18^0\ 20'\ \text{Nordwestring.} \end{array}$$

Bestimmung des wahren Azimuths durch Rechnung.

277 Die Berechnung des Azimuths nach der Formel:

$$cos.\ ^1/_2\ a = \sqrt{\frac{sin.\ s\ sin.\ (s - p)}{sin.\ \psi\ sin.\ z}},$$

in welchem $^1/_2\,(\psi+p+z)=s$ gesetzt ist, nimmt für das voranstehende Beispiel folgende Form an:

$$\begin{array}{rl} & 89^0\ 60' \\ \varphi = & 53^0\ 22' \\ \hline \psi = & 36^0\ 38' \end{array} \qquad \begin{array}{rl} & 89^0\ 60' \\ \delta = & 9^0\ 42' \\ \hline p = & 80^0\ 18' \end{array} \qquad \begin{array}{rl} & 89^0\ 60' \\ h = & 16^0\ 34' \\ \hline z = & 73^0\ 26' \end{array}$$

$$\begin{array}{rlrl}
\psi = & 36^0\ 38' & Cpl.\,log.\,sin. = & 0,2242 \\
p = & 80^0\ 18' & & \\
z = & 73^0\ 26' & Cpl.\,log.\,sin. = & 0,0184 \\
\hline
2s = & 190^0\ 22' & & \\
s = & 95^0\ 11' & log.\,sin. = & 9,9982 \\
s-p = & 14^0\ 53' & log.\,sin. = & 9,4097 \\
 & & log.\,cos.\,^1/_2\,a^2 = & 19,6505 \\
 & & & \text{———(2} \\
 & & log.\,cos.\,^1/_2\,a = & 9,8252 \\
 & & ^1/_2\,a = & 48^0\ \ 2' \\
 & & a = & 96^0\ \ 4'
\end{array}$$

Wahres Azimuth $= 96^0\ \ 4'$

Magnetisches Azimuth $= 77^0\ 45'$

Magnetische Abweichung $= 18^0\ 19'$ Nordwestring.

Beispiel 2. Auf $53^0\ 36'$ nördlicher Breite hat man die wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne $= 30^0\ 24'$ gefunden. Die Declination der Sonne war $20^0\ 0'$ nördlich und das magnetische Azimuth derselben S. $64^0\ 40'$ O. Man soll das wahre Azimuth und die Declination der Magnetnadel bestimmen. Vergl. §. 211. 278

Die Berechnung soll hier nach der Formel

$$sin.\,^1/_2\,a = \sqrt{\frac{sin.\,(s-h)\;sin.\,(s-\varphi)}{cos.\,\varphi\;cos.\,h}}$$

geführt werden. Hier ist $^1/_2\,(p+\varphi+h)=s$.

$$\begin{array}{rlrl}
p = 90-\delta = & 70^0\ \ 0' & & \\
\varphi = & 53^0\ 36' & Cpl.\,log.\,cos. = & 0,22664 \\
h = & 30^0\ 24' & Cpl.\,log.\,cos. = & 0,06423 \\
\hline
2s = & 154^0\ \ 0' & & \\
 & \text{———(2} & & \\
s = & 77^0\ \ 0' & & \\
s-h = & 46^0\ 36' & log.\,sin. = & 9,86128 \\
s-\varphi = & 23^0\ 24' & log.\,sin. = & 9,59895 \\
 & & log.\,sin.\,^1/_2\,a^2 = & 19,75110 \\
 & & & \text{———(2} \\
 & & log.\,sin.\,^1/_2\,a = & 9,87555
\end{array}$$

$^1/_2\, a = 48^0\, 40'$

$a = 97^0\, 20'$ Azimuth vom Nordpunkte an gerechnet,

ab von $179^0\, 60'$

$82^0\, 40'$ Azimuth vom Südpunkte an gerechnet,

$64^0\, 40'$ magnetisches Azimuth,

N. $18^0\;\; 0'$ W. Declination der Magnetnadel.

Man kann das vom Südpunkte aus gezählte Azimuth, welches durch a' bezeichnet werden mag, auch direct nach der Formel berechnen:

$$sin.\; ^1/_2\, a' = \sqrt{\frac{cos.\; s\; cos.\; (s - p)}{cos.\; \varphi\; cos.\; h}}.$$

Diese Formel folgt aus Formel (10), §. 58, wenn man $180^0 - a'$ für a setzt.

Die Rechnung ist folgende:

$p = 90^0 - \delta = 70^0\;\; 0'$

$\varphi = 53^0\, 36'$ $Cpl.\; log.\; cos. = 0{,}22664$

$h = 30^0\, 24'$ $Cpl.\; log.\; cos. = 0{,}06423$

$2\, s = 154^0\;\; 0'$

$s = 77^0\;\; 0'$ $log.\; cos. = 9{,}35209$

$s - p = 7^0\;\; 0'$ $log.\; cos. = 9{,}99675$

$19{,}63971$

(2

$log.\; sin.\; ^1/_2\, a' = 9{,}81985$

$^1/_2\, a' = 41^0\, 20'$

$a' = 82^0\, 40'.$

Wenn der Himmelskörper, dessen Azimuth berechnet werden soll, nahe im Süden steht, so rechnet man nach der zuletzt aufgestellten Formel, weil die erstere Formel einen Werth geben würde, welcher nur wenig von 180^0 abweicht. Für einen solchen wird aber die Formel unsicher. Steht aber der Stern nahe im Norden, so ist die erstere Formel vorzuziehen, und zwar aus demselben Grunde.

279 Beispiel 3. Unter $36^0\, 18'$ südlicher Breite hat man die wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne $= 12^0\, 42'$ gefunden. Die Declination der Sonne war zur Zeit der Beobachtung $= 13^0\, 4'$ S. Zugleich wurde das magnetische Azimuth der Sonne gepeilt und N. $93^0\, 26'$ O. gefunden. Welche Declination hatte die Magnetnadel?

Die Berechnung geschieht auch hier für südliche Breite nach einer der obigen Formeln:

$$sin.\ ^1/_2\ a = \sqrt{\frac{cos.\ s\ cos.\ (s - p)}{cos.\ \varphi\ cos.\ h}},$$

oder

$$sin.\ ^1/_2\ a' = \sqrt{\frac{sin.\ (s - h)\ sin.\ (s - \varphi)}{cos.\ \varphi\ cos.\ h}}.$$

Die südliche Breite muss aber mit dem Zeichen — in die Rechnung eingeführt werden. Hierdurch ändert sich der Werth des berechneten Winkels insoweit, dass man durch die erste Formel das vom Nordpunkte an gerechnete Azimuth, durch die zweite aber das vom Südpunkte aus gezählte erhält.

Nach der Formel

$$sin.\ ^1/_2\ a = \sqrt{\frac{cos.\ s\ cos.\ (s - p)}{cos.\ \varphi\ cos.\ h}}$$

erhält man:

$p = 90 - \delta =$	$103^0\ 4'$		
$\varphi =$	$-\ 36^0\ 18'$	*Cpl. log. cos.* =	0,09370
$h =$	$12^0\ 42'$	*Cpl. log. cos.* =	0,01076
$2s =$	$79^0\ 28'$		
$s =$	$39^0\ 44'$	*log. cos.* =	9,88594
$p - s =$	$63^0\ 20'$	*log. cos.* =	9,65205
			19,64245
			(2
$^1/_2\ a =$	$41^0\ 30'$	*log. sin.* $^1/_2\ a$ =	9,82122
$a =$	$83^0\ 0'$		
	$180^0\ 0'$		

N. 97⁰ 0′ O. wahres Azimuth,
N. 93⁰ 26′ O. magnetisches Azimuth,

magnetische Abweichung 3⁰ 34′ Nordostring.

Wird die Rechnung nach der Formel:

$$sin.\ ^1/_2\ a' = \sqrt{\frac{sin.\ (s - h)\ sin.\ (s - \varphi)}{cos.\ \varphi\ cos.\ h}}$$

ausgeführt, so nimmt sie die folgende Gestalt an:

$$
\begin{array}{rll}
p = 90 - \delta = & 103^0\ 4' & \\
\varphi = - & 36^0\ 18' & \textit{Cpl. log. cos.} = 0{,}09370 \\
h = & 12^0\ 42' & \textit{Cpl. log. cos.} = 0{,}01076 \\
\hline
2s = & 79^0\ 28' & \\
s = & 39^0\ 44' & \\
s - h = & 27^0\ 2' & \textit{log. sin.} = 9{,}65754 \\
s - (-\varphi) = & 76^0\ 2' & \textit{log. sin.} = 9{,}98697 \\
 & & \qquad\qquad 19{,}74897 \\
 & & \qquad\qquad \overline{\qquad\qquad}(2 \\
{}^1/_2\, a' = & 48^0\ 30' & \textit{log. sin.}\ {}^1/_2\, a' = 9{,}87448 \\
a' = & 97^0\ 0' & \text{wahres Azimuth O. von N.}
\end{array}
$$

Dasselbe Resultat erhält man, wenn man die Breite als positiv, zugleich aber die auf den Südpol bezogene Polardistanz in Rechnung gebracht hätte. In diesem Falle ist:

$$
\begin{array}{rll}
p = 90 - \delta = & 76^0\ 56' & \\
\varphi = & 36^0\ 18' & \textit{Cpl. log. cos.} = 0{,}09370 \\
h = & 12^0\ 42' & \textit{Cpl. log. cos.} = 0{,}01076 \\
\hline
2s = & 125^0\ 56' & \\
s = & 62^0\ 58' & \textit{log. cos.} = 9{,}65754 \\
p - s = & 13^0\ 58' & \textit{log. cos.} = 9{,}98697 \\
 & & \qquad\qquad 19{,}74897 \\
 & & \qquad\qquad \overline{\qquad\qquad}(2 \\
{}^1/_2\, a' = & 48^0\ 30' & \textit{log. sin.}\ {}^1/_2\, a' = 9{,}87448 \\
a' = & 97^0\ 0'. &
\end{array}
$$

280 Wenn man das magnetische Azimuth mittelst einer nur mit Dioptern versehenen Boussole, oder einem Azimuthcompasse zu dem Zwecke beobachtet, um aus dem Ergebnisse der Beobachtung die Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen, so muss ein zweiter Beobachter, mit einem dazu geeigneten winkelmessenden Instrumente gleichzeitig die Höhe der Sonne messen. Auf dem Meere bedient man sich zu letzterem Zwecke des Sextanten, oder auch des neuen Reflexionskreises.

Der Azimuth-Compass wird in die Lage gebracht, dass das verticale Haar in der Objectivdiopter durch die Mitte der Sonnenscheibe geht. Wenn die Windrose während der Beobachtung bedeutende Schwingungen macht, so merkt man sich die an den äussersten Grenzen dieser Schwingungen stehenden Zahlen und betrachtet das Mittel aus ihnen als das magnetische Azimuth. —

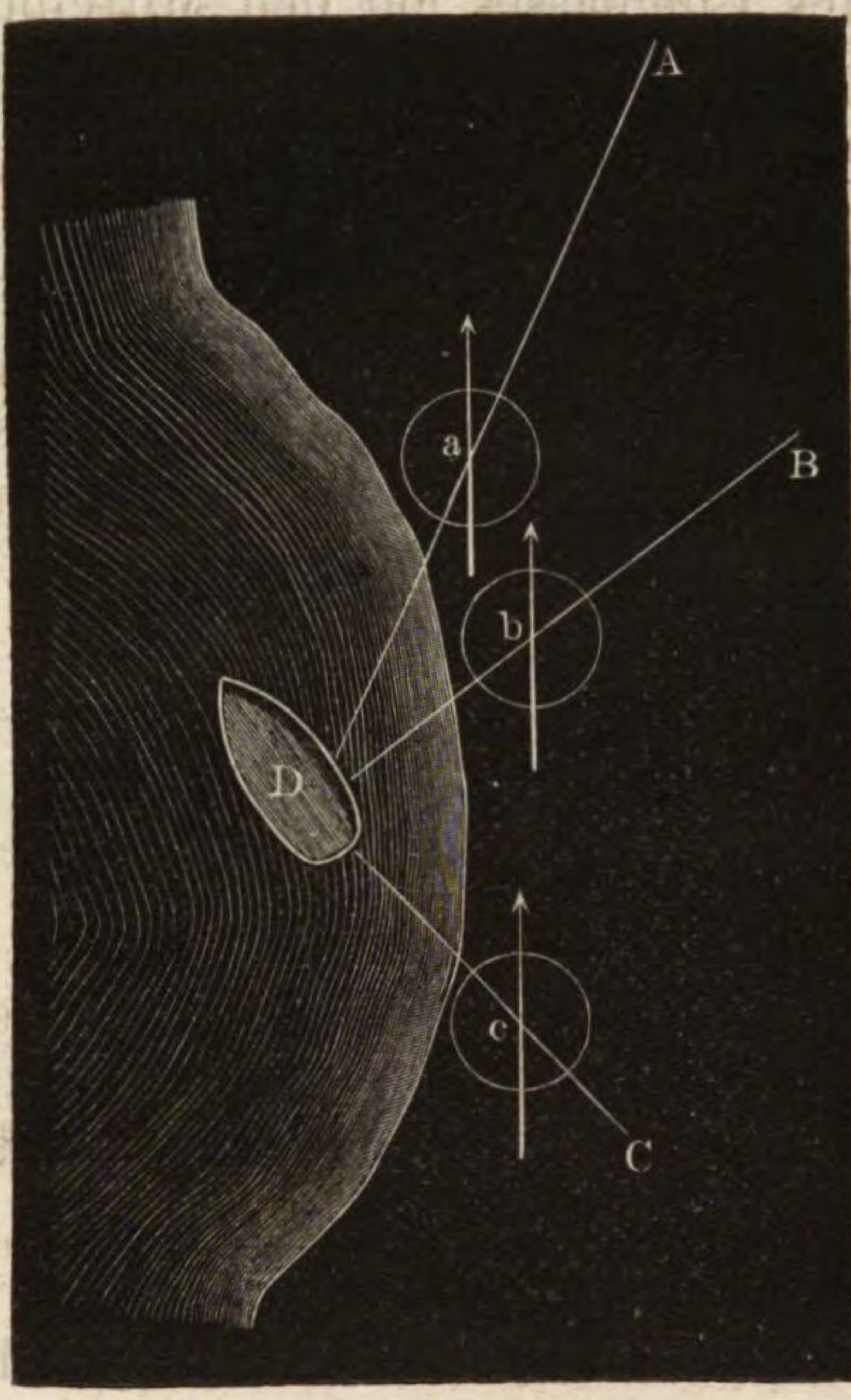
Auf dem Meere sind zur Beobachtung der Grössen, aus welchen das magnetische Azimuth abgeleitet wird, drei Personen erforderlich. Der erste Beobachter misst die Höhe der Sonne, der zweite richtet die Diopteru des Compasses auf den Mittelpunkt der Sonne, der dritte aber liest den Strich, oder Grad der Compassrose ab, mit welcher die Visirlinie, oder der Schatten des Diopterfadens zusammenfällt. Um den grösstmöglichen Grad von Genauigkeit zu erlangen, beobachtet man verschiedene Azimuthe und die ihnen entsprechenden Höhen, und bestimmt für jedes beobachtete Azimuth aus der gemessenen Höhe der Sonne das wahre Azimuth mittelst des Diagramms (§. 210 u. d. f.), oder durch Rechnung. Schliesslich berechnet man das Mittel aus den Ergebnissen der einzelnen Beobachtungen.

Local-Attraction und Aberration der Magnetnadel.

Ausser der mit den tellurischen Erscheinungen des Magne- 281
tismus im Zusammenhange stehenden Abweichung der Magnetnadel zeigen die Compasse auf den Schiffen noch eine andere, welche von dem Eisen in und an dem Schiffe oder, wie man dieses ausdrückt, von der Local-Attraction herrührt. Die Kenntniss der davon herrührenden Aberration der Nadel ist für den Piloten von der grössten Wichtigkeit. Durch nicht gehörige Beachtung derselben ist schon manches Schiff verloren gegangen. Um die Aberration zu bestimmen, muss das Schiff, wie es in der Kunstsprache heisst, umgelegt werden. So nothwendig die Kenntniss des Einflusses der Local-Attraction auf die Compassnadel auch ist, so wird die Bestimmung derselben durch das erwähnte Umlegen des Schiffes, wegen der damit verbundenen Weitläufigkeiten und Umstände, häufig doch unterlassen. Als ein höchst einfaches Verfahren zu Ermittelung der Aberration schlage ich folgendes vor. Wenn sich das Schiff im Hafen, oder an einer Küste nicht zu weit vom Ufer entfernt befindet, wähle man einige Punkte auf dem Lande, die mit A, B, C (Fig. 109 a. f. S.) bezeichnet werden mögen, aus, und richte dann die Diopteru des Compasses auf dem Schiffe zuvörderst auf A, zeichne das magnetische Azimuth dieses Punktes auf und lasse zugleich von einer am Lande befindlichen Person in einem genau auf der Linie DA befindlichen Punkte, etwa a, eine Stange vertical aufstellen. Das-

selbe wiederhole man in Beziehung auf die Punkte B und C. Hierauf begebe man sich mit dem Compass ans Land, stelle denselben erst in a, dann in b, endlich in c auf, richte die Dioptern von a aus auf A, von b aus auf B und von c aus auf C und zeichne das in a, b und c beobachtete magnetische Azimuth auf. Die Vergleichung der Winkel, welche man durch die Beobachtungen in a, b und c als magnetisches Azimuth gefunden hat, mit den entsprechenden in D gefundenen, ergiebt die gesuchte Grösse für die Lage, in welcher sich das Schiff befindet. Uebrigens versteht es sich von selbst, dass das hier angegebene Verfahren eine um so grössere Sicherheit gewährt, wenn die Peilung bei verschiedenen Lagen des Schiffes vorgenommen wird.

Fig. 109.



282 Der Compass, mit welchem die zur Bestimmung der Abweichung oder Declination seiner Nadel erforderlichen Beobachtungen gemacht werden, wird während der Beobachtung auf dem Schiffe an der Stelle aufgestellt, für welche die Local-Attraction am geringsten ist, d. h. wo das an und in dem Schiffe vorhandene Eisen den geringsten Einfluss auf die Ablenkung der Magnetnadel des Compasses ausübt. Der Artikel in den Protocollen der im August 1853 zu Brüssel abgehaltenen Maritim-Conferenz, welcher sich hierauf bezieht, lautet: „*In the selection of a spot for the standard compass, or of any compass intended to be used in making observations on the variation, care should be taken to select a position for the compass, when it is to be used for observation, in that part of the ship, or as near as possible, which is most free from the effects of local deviation, and that it always stand in the same place*“

(vergl. Maury, *explanations and sailing directions.* 6*th Edit. Philad.* 1854, *p.* 74).

Genaue Untersuchungen über die Anziehung des Schiffseisens und die Mittel, dessen ablenkende Wirkung auf den Compass zu bestimmen, findet man in Barlow, *Essay on magnetic attraction* 1833, *p.* 89. — *Poisson sur les déviations de la boussole produite par le fer des vaisseaux* in den *Mém. de l'Institut.* *T. XVI*, *p.* 481—555. — *Airy* in den *Phil. Transact. for* 1839. *P. I*, *p.* 167 und *for* 1843. *P. II*, *p.* 146. — Sir James Ross in den *Phil. Transact. for* 1849. *P. II*, *p.* 177—195.

Bestimmung, ob die Abweichung östlich, oder westlich ist.

Um zu entscheiden, ob die Abweichung der Magnetnadel öst- 283
lich oder westlich ist, versinnlicht man sich die Lage des magnetischen und wahren Azimuths durch eine geometrische Zeichnung, oder man geht von folgenden allgemeinen Regeln aus.

I. Der Beobachter befindet sich auf der nördlichen Erdhälfte, und das Azimuth wird von Norden ausgehend gezählt.

A. Der Himmelskörper stehe an der östlichen Seite des Meridians, und

a. Das magnetische und wahre Azimuth sind von gleicher Grösse. In diesem Falle ist die Abweichung $= 0^0$.

b. Das magnetische und wahre Azimuth sind ungleich. In diesem Falle subtrahirt man das kleinere Azimuth von dem grössern.

aa. Wenn das magnetische Azimuth kleiner ist, als das wahre, so ist die Abweichung östlich.

bb. Wenn aber ersteres grösser als letzteres ist, so ist die Abweichung westlich.

B. Der Himmelskörper befindet sich an der westlichen Seite des Meridians.

a. Sind das magnetische und wahre Azimuth einander gleich, so ist die Abweichung $= 0$.

b. Ist das magnetische Azimuth das kleinere, so subtrahire man es von dem wahren. Der Rest ist die Abweichung und zwar ist diese westlich.

c. Wenn das magnetische Azimuth aber grösser ist, als das

wahre, so erhält man im Unterschiede beider Zahlen die Abweichung, diese ist dann aber östlich.

II. Wenn sich der Beobachter auf der südlichen Halbkugel der Erde, und das Gestirn östlich vom Meridian befindet, und beide Azimuthe vom Südpunkte aus gezählt werden, so erhält man die Abweichung nach den oben für eine westliche Lage gegebenen Regeln, befindet es sich aber westlich vom Meridian, so gelten die für den östlichen Stand gegebenen Bestimmungen.

c. Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel durch Beobachtung der magnetischen Amplitude.

284 Obgleich die Methode die Abweichung der Magnetnadel durch Beobachtung der Amplitude, oder das vom Compassnorden an gerechnete Azimuth eines Gestirns bei seinem Auf- oder Untergange zu bestimmen, nur auf dem Meere anwendbar ist, und obgleich sie keine besonders genauen Resultate geben kann, so findet sie doch noch vielfache Anwendung, weil sie einfach und bequem ist.

285 Die magnetische Amplitude, oder das vom Norden an gezählte Azimuth eines Gestirns bei seinem Auf- oder Untergange, erhält man, wenn man beim Auf- oder Untergange desselben den Azimuthcompass in die Lage bringt, dass das Objectivdiopter dem Gestirne zugekehrt ist und die durch die Dioptern gehende Visirlinie auf den Mittelpunkt desselben trifft. Wenn die Sonne beobachtet wird, so muss der Faden im Objectivdiopter die Sonnenscheibe gerade hälften. Ist dieses der Fall und die Compassrose zur Ruhe gekommen, so setzt man letztere durch den Drücker oder Stopper (die Arretirung) fest, und liest die Grade der Amplitude ab. Bei unruhigem Wetter, wenn sich das Schiff stark bewegt, so sind auch hier zur Beobachtung zwei Personen erforderlich. Die eine von diesen richtet den Compass auf die Sonne, die andere beobachtet die Grenzen der Schwankungen der Rose. Das Mittel aus beiden giebt die magnetische Amplitude. Die Amplitude wird beobachtet, wenn der untere Rand der Sonne um etwas mehr über der Kimm erscheint, als ihr Halbmesser beträgt. Der Mittelpunkt hat in diesem Falle eine scheinbare Höhe von etwa 30′, die mittlere Refraction für diese Höhe ist aber ungefähr ebenso gross, folglich ist die wahre Höhe des Sonnenmittelpunktes $= 0$ und letzterer befindet sich somit im Horizonte.

Nachdem so die magnetische Amplitude und mit oder durch 286
diese, das vom Norden an gerechnete Azimuth gefunden ist, bestimmt man die wahre durch das Diagramm nach Anleitung des §. 190. Wenn sich nun herausstellt, dass die wahre und magnetische Amplitude, beide nördlich, oder beide südlich sind, so ist die Abweichung der Magnetnadel gleich dem Unterschiede; ist aber die eine nördlich, die andere südlich, so ist die Declination gleich der Summe. Um nun aber zu bestimmen, ob die magnetische Abweichung westlich oder östlich ist, kann man sich an die schon alte Regel halten: „Der Beobachter kehre das Gesicht gegen den Punkt des Compasses, welcher die beobachtete Amplitude angiebt; liegt dann die wahre Amplitude rechter Hand von der beobachteten, so ist die Declination östlich, liegt sie zur linken, so ist sie westlich.

Sicherer und rationeller ist folgende Regel. Wenn das ent- 287
sprechende wahre Azimuth, dieses von Norden an gezählt durch A, die wahre Amplitude aber durch a bezeichnet wird, so ist bei nördlicher Declination der Sonne $A = 90^0 - a$, bei südlicher aber $90^0 + a$. Bezeichnet man ferner das durch Beobachtung gefundene magnetische Azimuth des Gestirns bei seinem Aufoder Untergange, dieses ebenfalls von Norden ausgehend gezählt durch M, so ist die Declination der Magnetnadel $\pm A \mp M$, d. h. dem Unterschiede beider Azimuthe gleich.

Wenn nun die Beobachtung beim Aufgange des Gestirns gemacht ist, und das magnetische Azimuth ergiebt sich als grösser, als das wahre, so ist die Declination der Magnetnadel westlich, ist aber das magnetische Azimuth kleiner, als das wahre, so ist sie östlich.

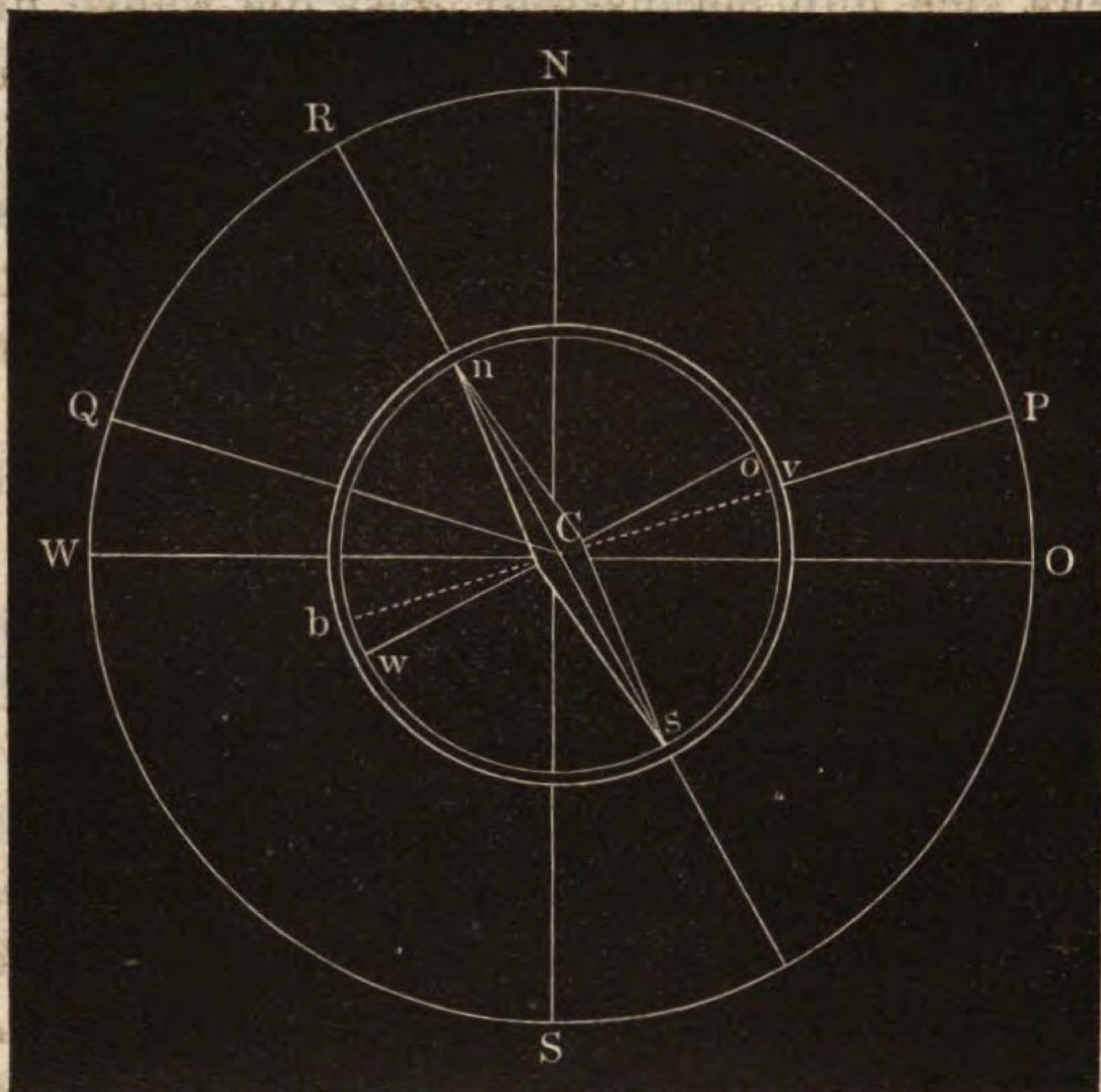
Beim Untergange findet das Umgekehrte Statt, d. h. die Abweichung der Magnetnadel ist westlich, wenn das magnetische Azimuth kleiner, als das wahre ist, sie ist östlich, wenn das Umgekehrte der Fall ist.

Die voranstehende Regel ist ein unmittelbares Ergebniss der 288
Betrachtung der Figuren 110 und 111.

Es sei (Fig. 110 a. f. S.) $NPOS\ WQRN$ der Horizont und in demselben N der Nordpunkt, O der Ostpunkt, S der Südpunkt und W der Westpunkt, P der Punkt, in welchem sich die Sonne beim Aufgange, Q der, in welchem sie sich beim Untergange befindet; OP sei die wahre Morgenweite $= a$, NP das Azimuth $= 90 - a = A$.

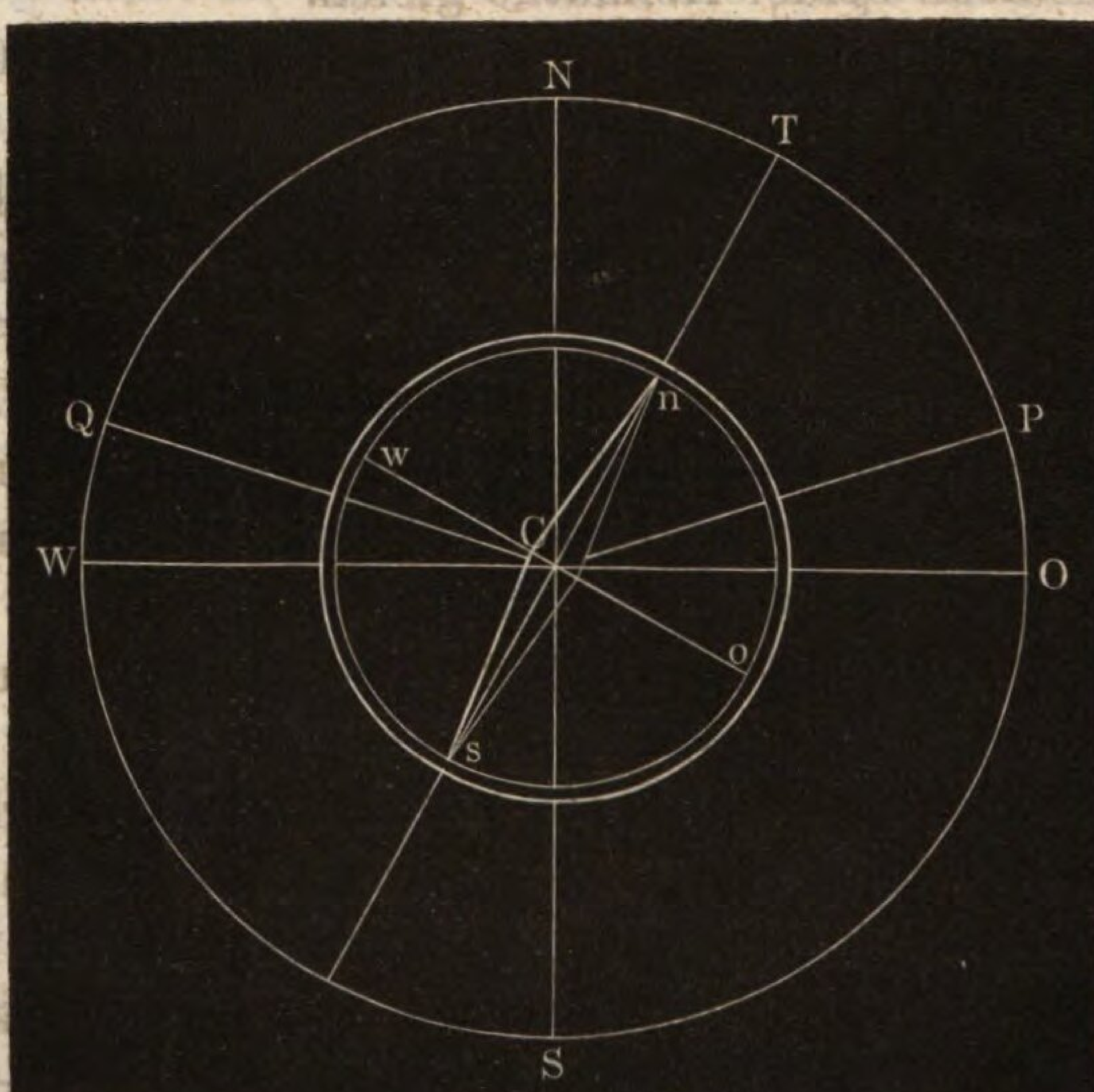
Der Kreis in der Mitte der Figur sei der Compass, n, o, s, w die vier Cardinalpunkte, CnR die durch die Compassnadel ange-

Fig. 110.



gebene Richtung des magnetischen Meridians, und $bCvP$ die durch die Diopteren b und v gehende, auf den Aufgangspunkt ge-

Fig. 111.



richtete Visirlinie. Offenbar ist nun die Declination der Nadel, d. i. der Winkel $RCN = RCP - NCP = M - A$, d. h. die Abweichung ist gleich dem Unterschiede zwischen dem magnetischen und wahren Azimuth.

Wenn Q der Untergangspunkt der Sonne ist und auf diesen die Diopter gerichtet werden, so erhält man in QCR das magnetische Azimuth; dann ist aber $RCN = QCN - QCR = A - M$.

Ist aber die Abweichung der Nadel östlich, wie in Fig. 111 angedeutet ist, so ist das magnetische Azimuth M beim Aufgange der Sonne $= TCP$, das wahre aber $NCP = NCO - PCO = 90^0 - a$ und $NCT = NCP - TCP = A - M$.

Beim Untergange hingegen, wenn sich die Sonne in Q befindet, ist QCT das magnetische und QCN das wahre Azimuth, folglich $NCT = QCT - QCN = M - A$.

Beispiel 1. Man hat die magnetische Morgenweite = 289
O 29° 30′ S, die wahre aber O 19° 12′ *S* gefunden, welche Abweichung ergiebt sich hieraus?

$$M = 90^0 + 29^0\ 30' = 119^0\ 30'$$
$$A = 90^0 + 19^0\ 12' = 109^0\ 12'$$
$$M - A = \text{Abweichung} = N\ 10^0\ 18'\ W.$$

Beispiel 2. Die gepeilte Abendweite ist *W* 14° 17′ *N*, die wahre = *W* 22° 14′ *N*, man sucht die Abweichung.

$$A = 90^0 - 22^0\ 14' = 67^0\ 46'$$
$$M = 90^0 - 14^0\ 17' = 75^0\ 43'$$
$$M - A = \text{Abweichung} = N\ 7^0\ 57'\ O.$$

Beispiel 3. Die gepeilte Morgenweite ist *O* 17° 11′ *N*, die wahre *O* 5° 30′ *S*, welche Abweichung folgt hieraus?

$$M = 90^0 - 17^0\ 11' = 72^0\ 49'$$
$$A = 90^0 + 5^0\ 30' = 95^0\ 30'$$
$$A - M = \text{Abweichung} = N\ 22^0\ 41'\ O.$$

Beispiel 4. Die beobachtete Abendweite ist *W* 5° 6′ *N*, die wahre = *W* 22° 9′ *S*, man bestimme die magnetische Declination.

$$M = 90^0 - 5^0\ 6' = 84^0\ 54'$$
$$A = 90^0 + 22^0\ 9' = 112^0\ 9'$$
$$A - M = \text{Abweichung} = N\ 27^0\ 15'\ W.$$

290 Die allgemeine Anwendung der Magnetnadel auf die oceanische Schifffahrt der Europäer ist seit dem zwölften Jahrhundert von dem Becken des Mittelmeeres ausgegangen. Nach A. v. Humboldt (Kosmos IV, S. 53) haben den wesentlichsten Antheil daran die maurischen Piloten, die Genueser, Venetianer, Mayorcaner und Catalanen gehabt. Die letztern waren unter Anführung ihres berühmten Seemannes Don Jaime Ferres, 1346 bis an den Ausfluss des Rio de Ouro (nördl. Breite 23° 40′), an der Westküste von Afrika gelangt; und, nach dem Zeugnisse von Raymundus Lullus (in seinem nautischen Werke: *Fenix de las maravellas del orbe*, 1286) bedienten sich schon lange vor Jaime Ferres die Barceloneser der Seekarten, Astrolabien und Seecompasse.

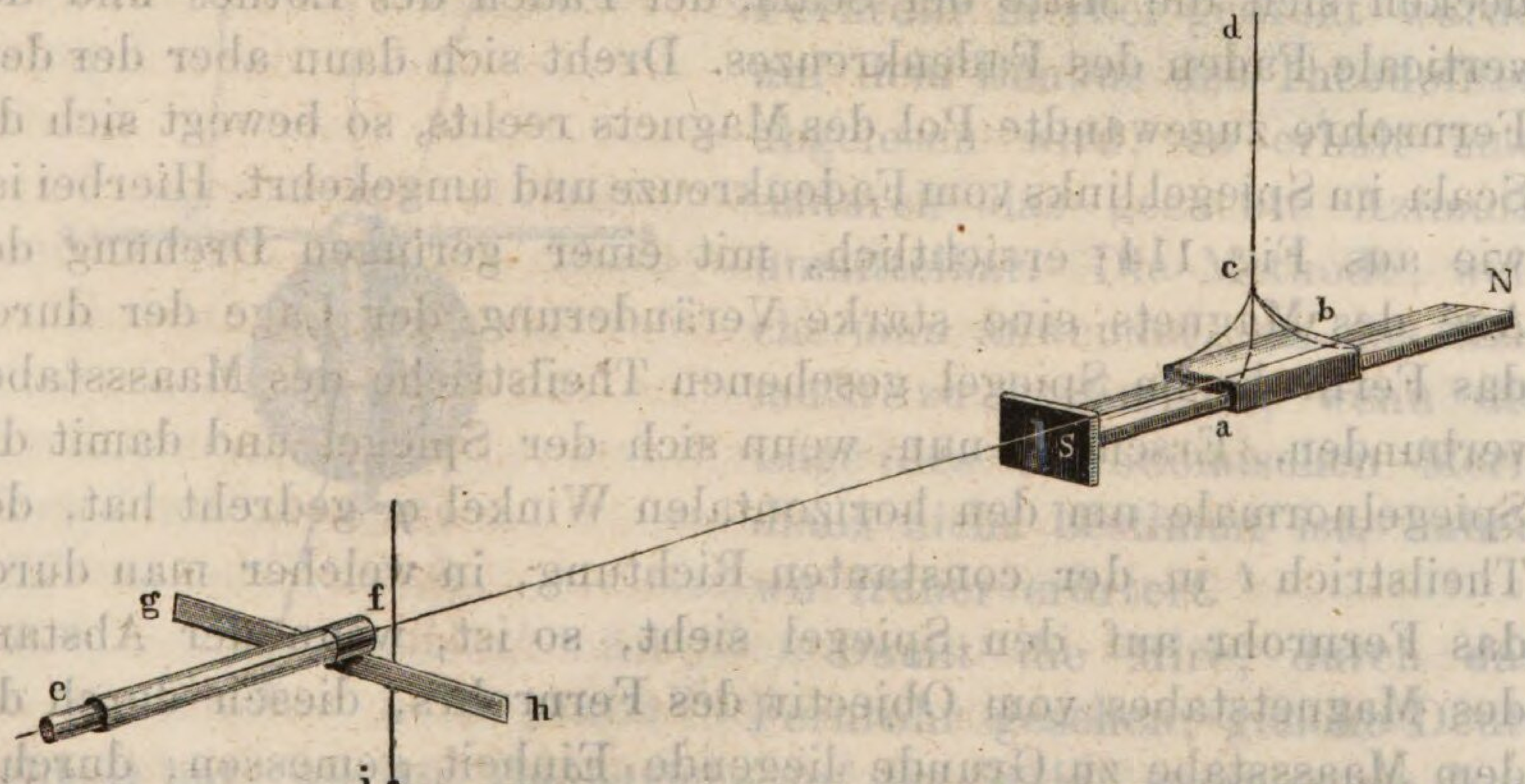
Von der Quantität der, gleichzeitig durch Uebertragung aus China, den indischen, malayischen und arabischen Seefahrern bekannten magnetischen Abweichung (Variation nannte man das Phänomen früh, ohne allen Beisatz) hatte sich die Kunde natürlich ebenfalls über das Becken des Mittelmeeres verbreitet. Dieses zur Correction der Schiffsrechnung so unentbehrliche Element, wurde damals weniger durch Sonnenauf- und Untergang, als durch den Polarstern, und in beiden Fällen sehr unsicher, bestimmt; doch auch bereits auf Seekarten eingetragen; z. B. auf die seltene Karte von Andrea Bianco, die im Jahre 1436 entworfen ist. Columbus, der ebensowenig als Sebastian Cabot zuerst die magnetische Abweichung erkannte, hatte das grosse Verdienst, am 13. September 1492 die Lage einer Linie ohne Abweichung, 2½ Grad östlich von der azorischen Insel Corvo, astronomisch zu bestimmen. Er sah, indem er in dem westlichen Theile des atlantischen Oceans vordrang, die Variation allmälig von Nordost in Nordwest übergehen. Diese Bemerkung leitete ihn schon auf den Gedanken, der in späteren Jahrhunderten so viele Seefahrer beschäftigt hat: durch die Lage der Variationscurven, welche er noch dem Meridian parallel wähnte, die Länge zu finden. Man erfährt aus seinen Schiffsjournalen, dass er auf der zweiten Reise (1496), seiner Lage ungewiss, sich wirklich durch Declinationsbeobachtungen zu orientiren suchte. Die Einsicht in die Möglichkeit einer solchen Methode war gewiss auch „das untrügliche Geheimniss der Seelänge, welches durch besondere göttliche Offenbarung zu besitzen“, Sebastian Cabot auf seinem Sterbebette sich rühmte.“

d. Instrumente und Methoden zu genauerer Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel.

Es ist ein Uebelstand der Boussole und des Compasses, dass 291
sich mittelst derselben, selbst wenn die Magnetnadel eine Länge von 8 Zoll hat, die Winkel nur bis auf eine oder einige Minuten genau bestimmen lassen. Um diesem abzuhelfen, hat man versucht Vorrichtungen anzubringen, welche einem Nonius ähnlich sind, ist aber durch die älteren Vorrichtungen nicht im geringsten weiter gekommen. Besser entsprechen diesem Zwecke die Instrumente Fig. 103 und 104 auf Seite 270 und 272. Die in neuerer Zeit von Gauss erfundenen, von Lamont vervollkommneten und vereinfachten magnetischen Apparate, gestatten aber eine Bestimmung der Lage der Nadel gegen den astronomischen Meridian, welche auch den strengeren Anforderungen der Wissenschaft entspricht.

Das Magnetometer von Gauss, bei welchem der Poggen- 292
dorff'sche Spiegelapparat mit einem Magnete auf eine höchst sinnreiche Weise in Verbindung gebracht ist, macht es möglich, die geringste Veränderung des durch die Axe des Magnets angezeigten magnetischen Meridians zu beobachten. Bei diesem Magnetometer wird der mehrere Pfunde wiegende Magnetstab SN (Fig. 112) von dem an ungedrehten Cokonfäden cd hängenden

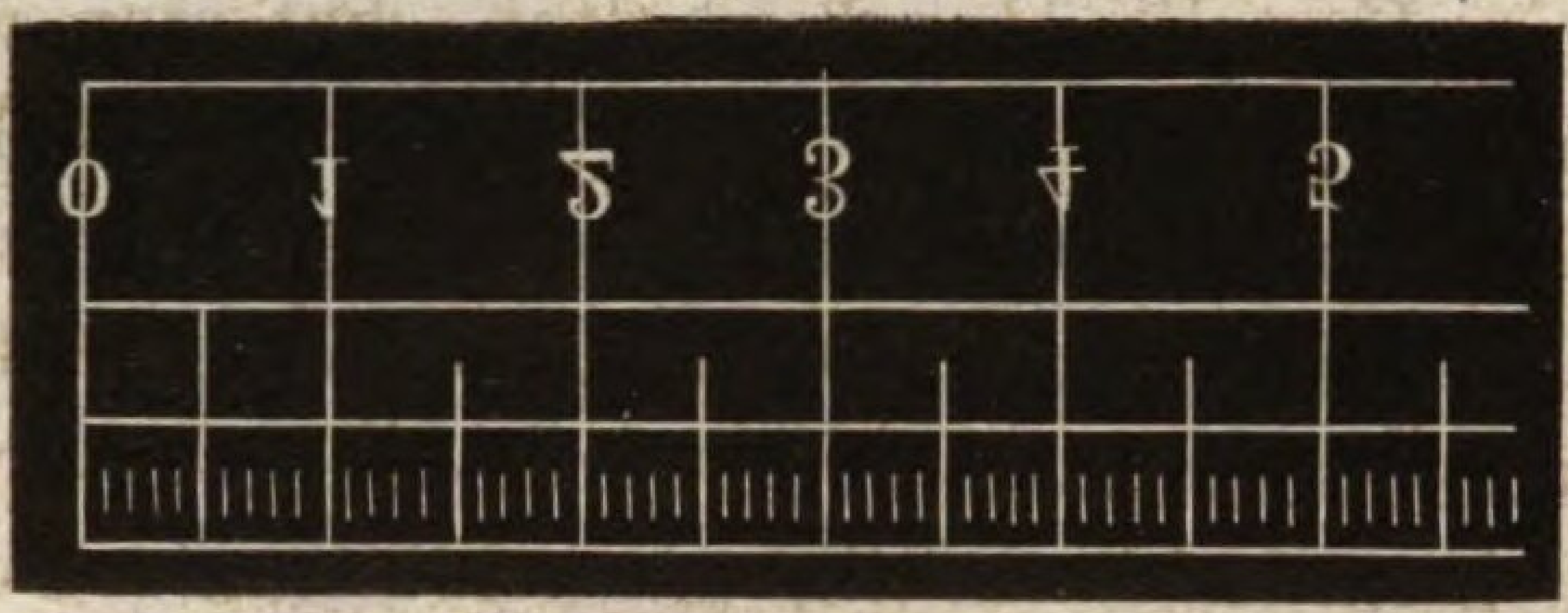
Fig. 112.



Schiffchen ab getragen. An dem einen Ende des Magnetstabes ist ein Spiegelhalter mit einem Planspiegel S so angebracht und

vorgerichtet, dass seine Ebene senkrecht zur Axe des Magnets gestellt werden kann. In der als verlängert gedachten Richtung der Axe des Magnets NS, dem Spiegel gegenüber, etwa 15 Fuss vom Magnete entfernt, ist ein Theodolit so aufgestellt, dass das Fernrohr desselben, *ef*, gegen die Mitte des Spiegels gerichtet ist. Unter dem Objectivglase des Fernrohrs ist ein Maassstab *gh*, von welchem (Fig. 113) einen Theil in natürlicher Grösse darstellt, in horizontaler Lage angebracht, dessen Bild man durch das Fernrohr im Spiegel erblickt.

Fig. 113.

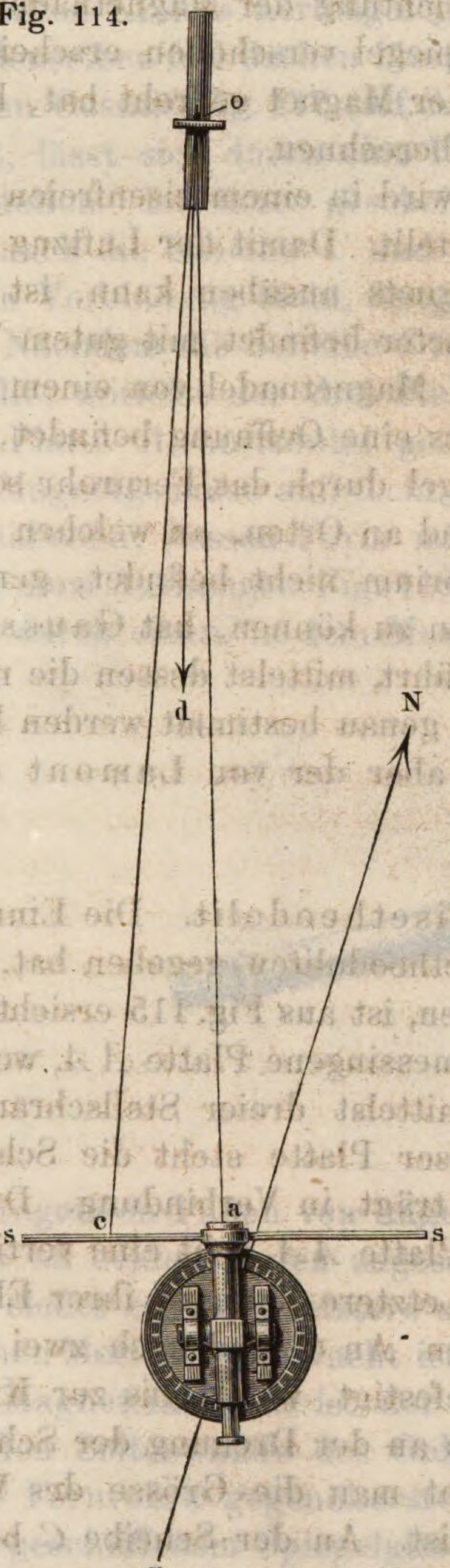


Vor der Mitte des Objectivglases hängt ferner ein äusserst feines Loth von Golddraht. Wenn nun der Theodolit in eine solche Stellung gebracht wird, dass das Fadenkreuz des Fernrohrs, sowie auch das Loth in der durch die Axe des Magnets gelegt gedachten Verticalebene liegen, und der Mittelpunkt des in Millimeter getheilten Maassstabes *gh* sich da befindet, wo das Loth *fe* mit ihm zusammentrifft, so muss, wenn die Lage des Magnetstabes sich im geringsten ändert, sich auch die Lage des Spiegels gegen den Maassstab verändern. Wenn nun die Axe des Fernrohrs eine auf der Ebene des Spiegels senkrechte Richtung hat, so ist sie mit der Axe des Magnets parallel. In diesem Falle decken sich die Mitte der Scala, der Faden des Lothes und der verticale Faden des Fadenkreuzes. Dreht sich dann aber der dem Fernrohre zugewandte Pol des Magnets rechts, so bewegt sich die Scala im Spiegel links vom Fadenkreuze und umgekehrt. Hierbei ist, wie aus Fig. 114 ersichtlich, mit einer geringen Drehung der Axe des Magnets eine starke Veränderung der Lage der durch das Fernrohr im Spiegel gesehenen Theilstriche des Maassstabes verbunden. Erscheint nun, wenn sich der Spiegel und damit die Spiegelnormale um den horizontalen Winkel φ gedreht hat, der Theilstrich t in der constanten Richtung, in welcher man durch das Fernrohr auf den Spiegel sieht, so ist, wenn der Abstand des Magnetstabes vom Objectiv des Fernrohrs, diesen durch die dem Maassstabe zu Grunde liegende Einheit gemessen, durch a bezeichnet wird,

$$\frac{t}{a} = tg.\ 2\ \varphi.$$

Wenn das Fernrohr eine solche Lage hat, dass das Loth, der Mittelpunkt der im Spiegel gesehenen Scala und der verticale Faden des Fadenkreuzes im Fernrohre einander decken, so bestimmt man auf der dem Fernrohre gegenüberliegenden Wand den Punkt, welcher vom Mittelpunkte des Fadenkreuzes gedeckt wird, und zieht durch diesen eine verticale Linie, die Mire. Wird darauf das Azimuth der Mire bestimmt, so erhält man dadurch die magnetische Abweichung.

Fig. 114.



Am einfachsten macht sich dieses, wenn schon ein Punkt bekannt ist, welcher im astronomischen Meridian liegt. Man hat in diesem Falle nur nöthig, das Fernrohr so weit herumzudrehen, dass der Mittelpunkt des Fadenkreuzes im Fernrohre den im astronomischen Meridian liegenden Punkt deckt. Wenn alsdann der Bogen, um welchen das Fernrohr hierbei gedreht wurde, auf dem Limbus des Theodoliten abgelesen wird, so erhält man dadurch das gesuchte Azimuth unmittelbar. Die Methode, welche man anwendet, um das Azimuth zu bestimmen, wenn die Lage des astronomischen Meridians nicht bestimmt ist, haben wir früher erörtert.

Damit die Mire, durch das Fernrohr gesehen, gleiche Deutlichkeit hat, wie die Theilstriche auf der Scala, so muss sie doppelt so weit entfernt sein, wie der Spiegel. Wenn die Mire bestimmt ist, so ist es leicht, die Axe des Fernrohrs immer wieder in dieselbe Lage zurückzuversetzen. Man hat zu diesem Zwecke

nur nöthig, das Fernrohr so weit zu drehen, dass der verticale Faden im Fadenkreuze des Fernrohrs die Mire bedeckt. Hat man dieses vollführt und hat sich die Richtung der Magnetnadel geändert, so wird auch die Scala im Spiegel verschoben erscheinen. Der Winkel aber, um welchen sich der Magnet gedreht hat, lässt sich nach der angegebenen Formel berechnen.

Der hier beschriebene Apparat wird in einem eisenfreien, für ihn besonders erbauten Saale aufgestellt. Damit der Luftzug keinen Einfluss auf die Lage des Magnets ausüben kann, ist der Saal, in welchem sich das Magnetometer befindet, mit gutem Verschluss erbaut, ausserdem aber die Magnetnadel von einem Kasten umgeben, an welchem sich bloss eine Oeffnung befindet, die nur so gross ist, dass man den Spiegel durch das Fernrohr sehen kann. Um aber auch auf Reisen und an Orten, an welchen sich ein solches magnetisches Observatorium nicht befindet, genaue magnetische Beobachtungen anstellen zu können, hat Gauss ein transportables Magnetometer ausgeführt, mittelst dessen die magnetischen Constanten ebenfalls sehr genau bestimmt werden können. Vorzüglicher als letzteres ist aber der von Lamont construirte Reisetheodolit.

293 Lamont's magnetischer Reisetheodolit. Die Einrichtung, welche Lamont seinem Reisetheodoliten gegeben hat, um die Abweichung bestimmen zu können, ist aus Fig. 115 ersichtlich. Der untere Theil desselben ist eine messingene Platte *A A*, welche sich auf einem passenden Stativ mittelst dreier Stellschrauben horizontal einstellen lässt. Mit dieser Platte steht die Scheibe *B B*, deren Rand die Kreistheilung trägt, in Verbindung. Durch eine Höhlung im Mittelpunkte der Platte *A A* geht eine verticale Axe, welche die Scheibe *C* trägt. Letztere kann in ihrer Ebene um die verticale Axe gedreht werden. An *C* sind noch zwei einander gegenüberstehende Nonien befestigt, welche bis zur Kreistheilung hinabgehen. Diese nehmen an der Drehung der Scheibe *C* Theil; mittelst derselben bestimmt man die Grösse des Winkels, um welchen letztere gedreht ist. An der Scheibe *C* befindet sich ferner eine horizontale Verlängerung, auf welcher das Fernrohr ruht. Letzteres ist wieder um eine horizontale Axe drehbar, die durch eine messingene Feder in der Oeffnung im Axenlager festgehalten wird. Von der Verlängerung von *C*, welche das Fernrohr trägt, geht ausserdem noch ein Stäbchen *f*,

Fig. 116 (a. f. S.), hinab zu der Verlängerung eines zwischen *BB* und *CC* befindlichen Ringes, welcher um den Träger des getheilten Kreises herumgelegt ist und sich um denselben frei drehen lässt. Dieser Ring, dessen Gestalt Fig. 117 (a. f. S.) im Grundriss zeigt, lässt sich durch eine Klemmschraube feststellen. Ist dieses geschehen, so ist damit auch die Scheibe *C* und alles, was mit ihr in Verbindung steht, festgestellt.

Fig. 115.

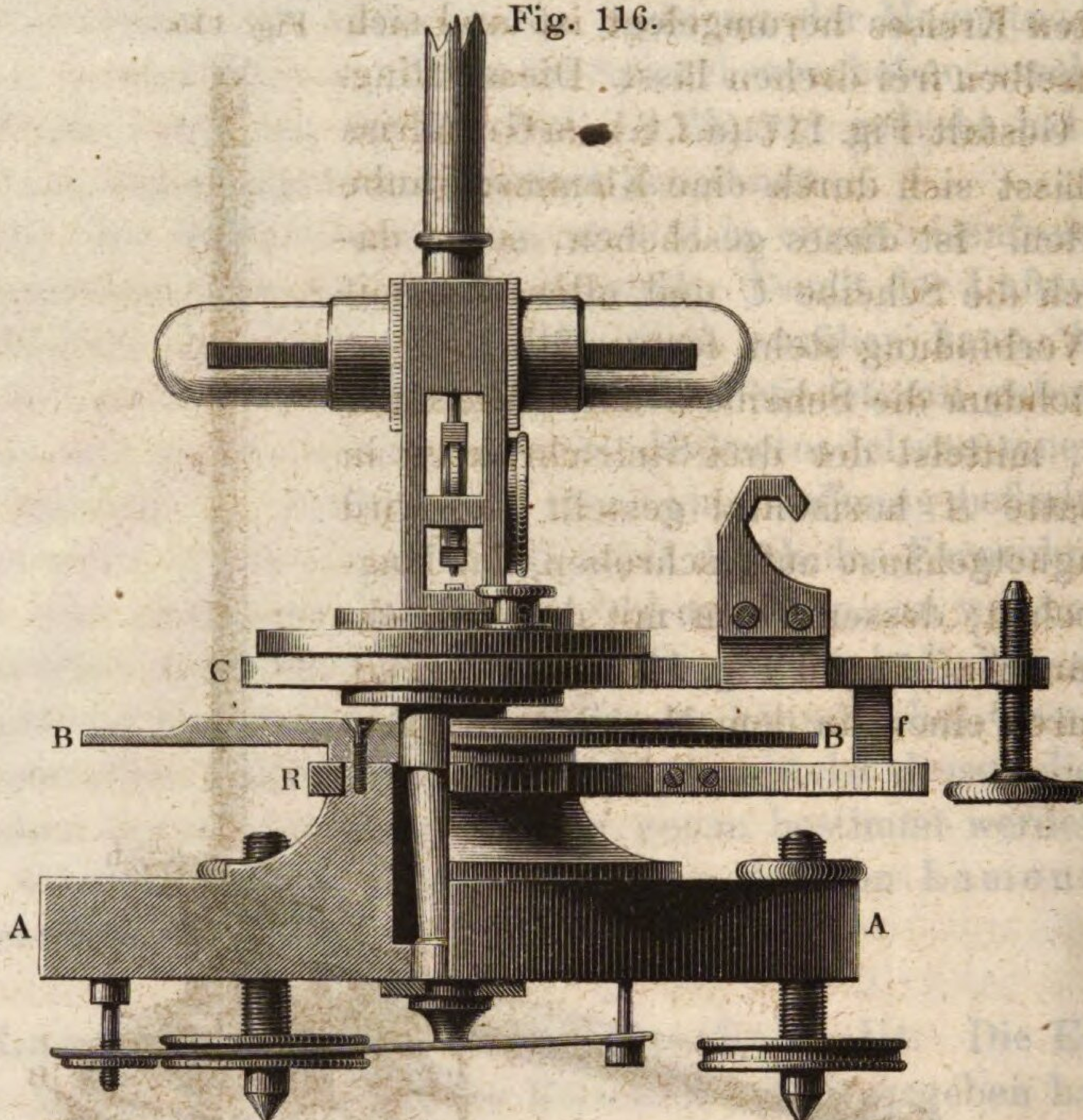


Nachdem die Scheibe *C* mit Hülfe einer Libelle, mittelst der drei Stellschrauben in der Platte *A* horizontal gestellt ist, wird das Magnetgehäuse aufgeschroben, das Magnetstäbchen, dessen Form mit der Vorrichtung zum Aufhängen Fig. 118 (a. f. S.) zeigt, wird durch einen, in dem Messingrohre herabhängenden Faden von ungedrehter Seide getragen, und ist von einer an beiden Enden zugeschmolzenen Glasröhre *ab* umgeben, in welcher es, wenn letztere ungefähr in die Richtung des magnetischen Meridians gebracht ist, frei spielen kann. Unter der Mitte des Magnetstäbchens ist der Spiegel angebracht. Die ihn umgebenden Seitenwände des Gehäuses sind durch Glasplatten, die dem Fernrohre gegenüberstehende Wand aber mit einer Platte von geschliffenem Spiegelglas geschlossen.

Wenn die Scheibe *C* und mit ihr das Magnetgehäuse um ihre verticale Axe so weit gedreht ist, dass die Glasröhre *ab* (Fig. 116) ungefähr die Richtung des magnetischen Meridians hat, so wird der Magnet seine natürliche Lage im magnetischen Meridiane einnehmen, und wenn die Ebene des Spiegels genau rechtwinkelig

auf der magnetischen Axe des Magnetstabes stände, so würde eine Normale auf der Ebene des Spiegels die Richtung des mag-

Fig. 116.



netischen Meridians angeben. Um nun das Instrument so einstellen zu können, dass die Normale des Spiegels mit der Axe des Fernrohrs zusammentrifft, ist das Instrument auf folgende Weise

Fig. 117.

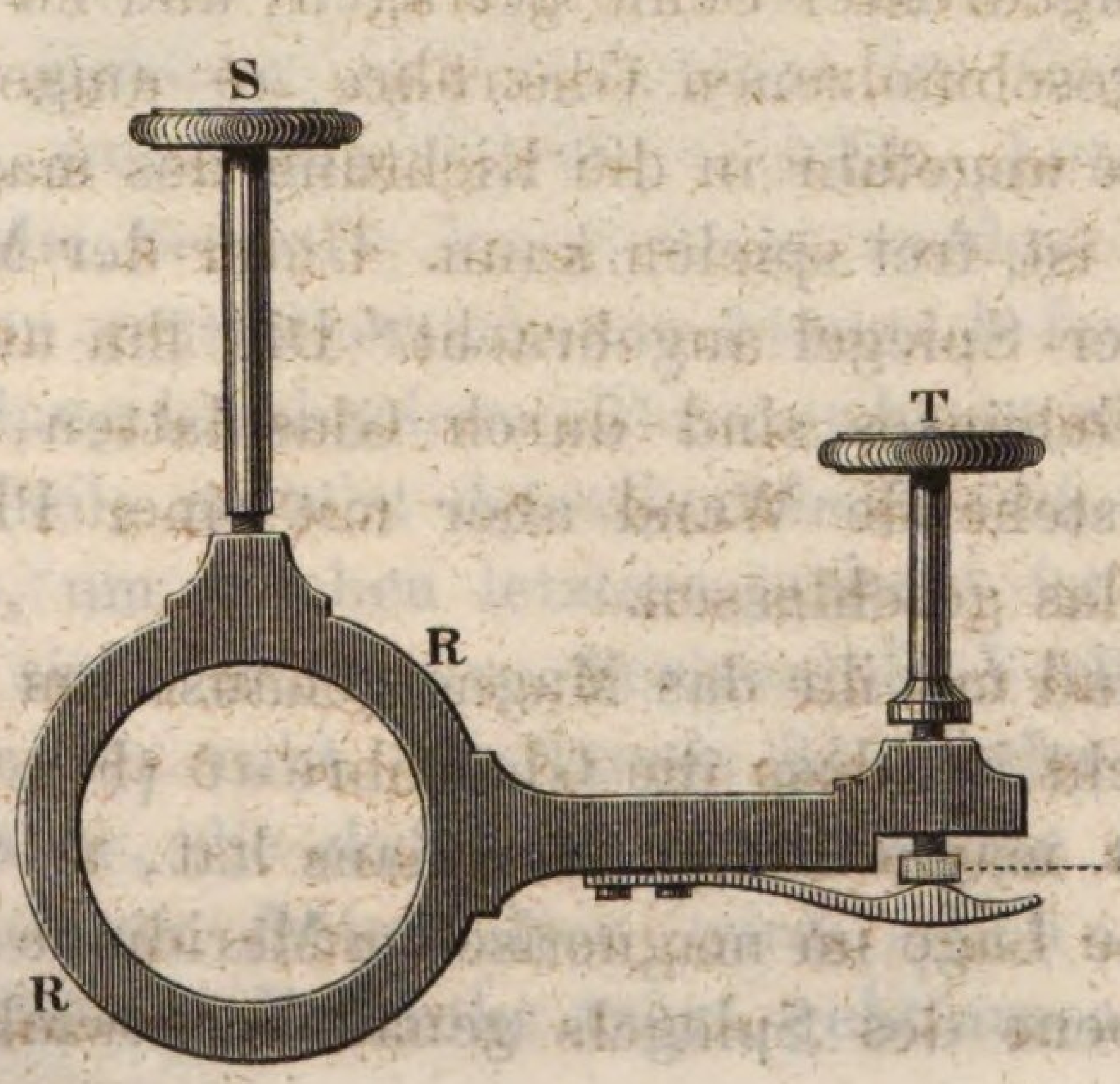
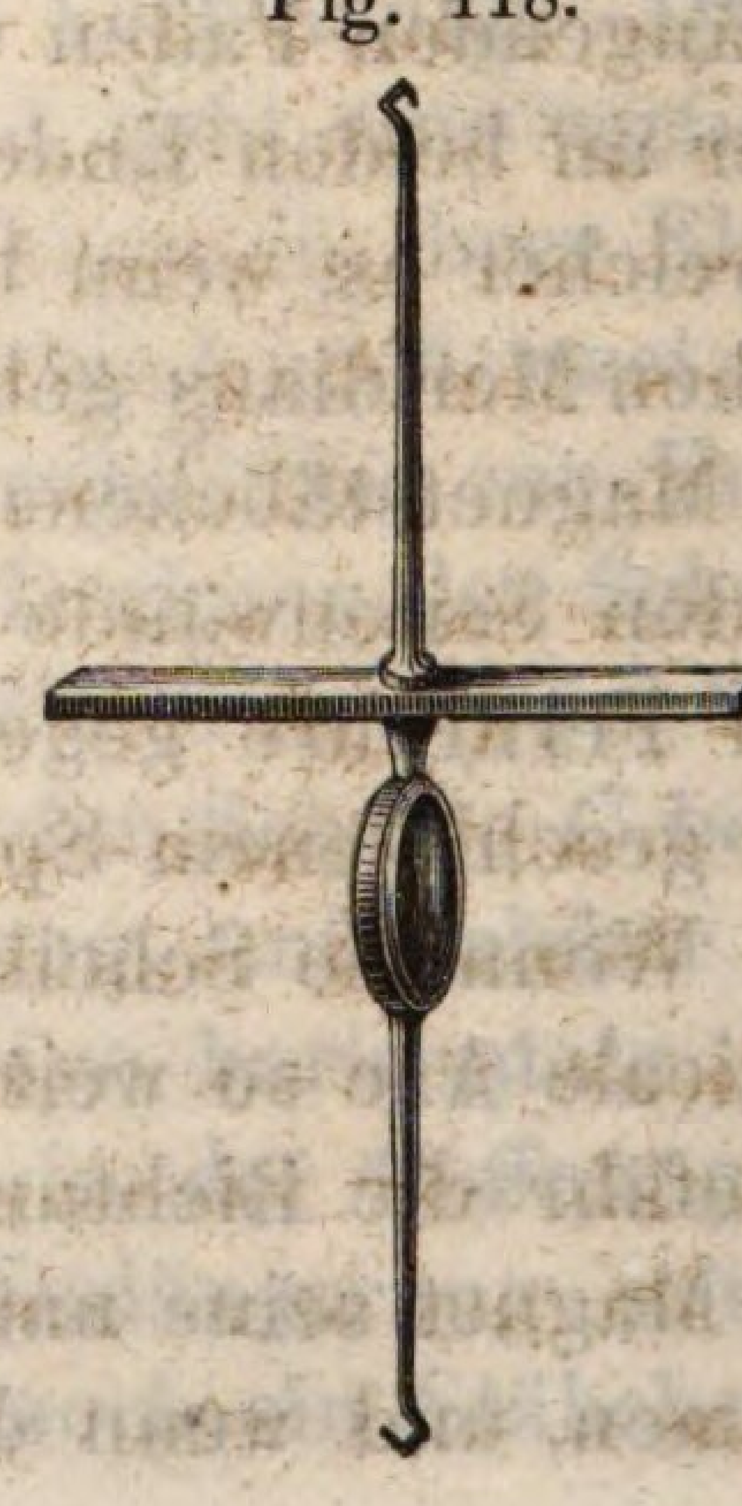
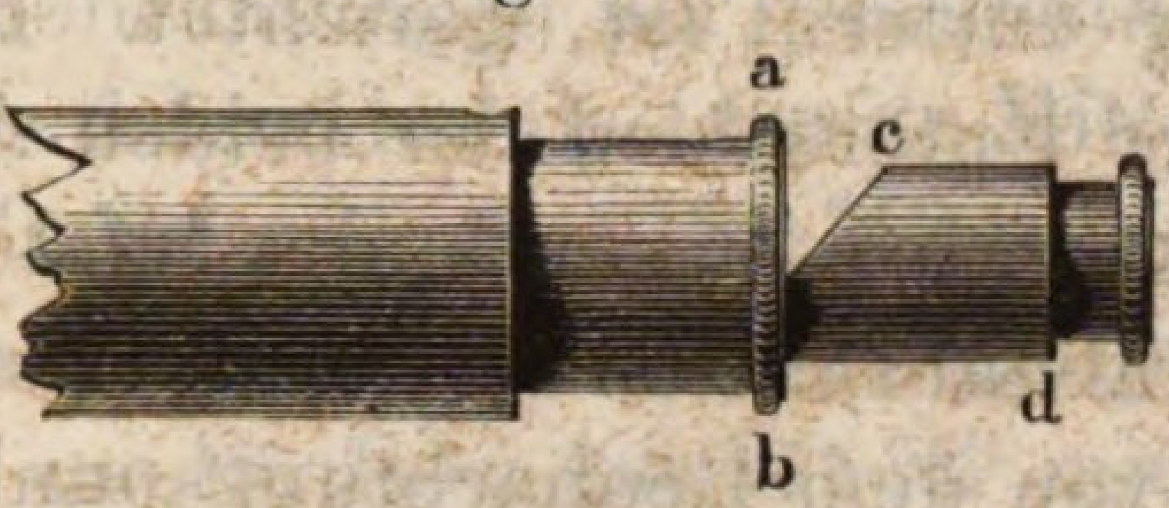


Fig. 118.



construirt. In das Fernrohr, dessen Objectiv dem mit dem Magnet verbundenen Spiegel zugewandt ist, ist bei *ab* (Fig. 119), wo das vom Objectiv entworfene Bild entsteht, eine Glasplatte eingesetzt. Auf dieser befinden sich eine senkrechte und eine wagrechte Linie, welche die Stelle des Fadenkreuzes vertreten. In der Hülse *cd*, welche bei *c* von oben her zur Hälfte eingeschnitten ist, steckt die Ocularröhre. In den Einschnitt bei *c* wird ein kleiner Spiegel eingelegt, welcher zur Erleuchtung des Fadenkreuzes dient. Wenn alsdann der Apparat so aufgestellt ist, dass die Richtung der Axe des Fernrohrs von der der Axe des Magneten nur noch wenig abweicht, so nimmt man, wenn man durch das Ocular des Fernrohrs sieht, die verticale Linie des Fadenkreuzes einmal direct, und dann noch ihr Bild im Spiegel wahr. Stellt man dann das Fernrohr mit Hülfe der Stellschraube *T* (Fig. 117) so ein, dass die beiden Bilder der verticalen Linie einander decken, so steht die Axe des Fernrohrs auf der Spiegelebene normal. Unter der Voraussetzung nun, dass die Ebene des Spiegels auf der Axe des Magnets senkrecht steht, befindet sich jetzt die Axe des Fernrohrs im magnetischen Meridian. Jetzt liest man den Nonius ab. Um darauf die Declination bestimmen zu können, wird das Magnetgehäuse vom Theodoliten abgehoben und durch Drehung der Scheibe um die verticale Axe die Visirlinie des Fernrohrs auf einen entfernten Punkt von bekannter Lage gerichtet. Wenn für den Ort, an welchem man die Beobachtung anstellt, ein Meridianzeichen gegeben ist, so richtet man das Fernrohr auf dieses, und erhält in dem Unterschiede der beiden Noniusablesungen die Declination des Magnets. Fehlt ein solches Meridianzeichen, so richtet man das Fernrohr auf einen Punkt, dessen Azimuth bekannt ist, oder welcher eine solche Lage hat, dass sein Azimuth aus anderweitigen Beobachtungen mit Sicherheit bestimmt werden kann. Das Verfahren, durch welches man das Azimuth bestimmt, ist in dem §. 275 u. d. f. angegeben.

Fig. 119.



Am 7. October 1852 machte Lamont auf dem Schlossberge 294
bei Freiburg Beobachtungen, behuf Bestimmung der Declination der Magnetnadel. Als das Fernrohr so eingerichtet war, dass die Visirlinie desselben rechtwinkelig auf der Ebene des Magnetspie-

gels stand, ergab die Ablesung des Nonius 308° 22,6′. Hierauf wurde das Magnetgehäuse entfernt und das Fernrohr auf die Spitze des Kirchthurms von Langendenzlingen, welches ungefähr zwei Stunden nördlich von Freiburg entfernt ist, gerichtet. Der Nonius zeigt jetzt auf 278° 14,3′, der Unterschied der beiden Ablesungen beträgt also 30° 8,3′. Das wahre Azimuth des letztern Ortes wurde hier mittelst der Generalstabskarten ermittelt. Nach diesen letztern liegt die Visirlinie von dem Beobachtungspunkte auf dem Schlossberge nach dem Kirchthurme von Denzlingen noch 12° 43′ östlich vom astronomischen Meridian. Subtrahirt man diese 12° 43′ von 30° 8,3′, so erhält man in dem Reste die Declination = 17° 25,3′. Dieses würde der wahre Werth der Declination sein, wenn die Ebene des Spiegels eine Lage gehabt hätte, welche genau rechtwinkelig zur Axe des Magnets gewesen wäre. Dieses ist indess mit völliger Genauigkeit nie zu erreichen. Weil nun auch der magnetische Reisetheodolit nicht so eingerichtet ist, dass man den Magnet umlegen und so mittelst einer zweiten Messung den Collimationsfehler eliminiren kann, so muss die Grösse dieses Fehlers durch genaue Messung in einem magnetischen Observatorium bestimmt werden, für welches die Lage des magnetischen Meridians bereits ermittelt ist. Für das Instrument, mit welchem Lamont die obige Messung ausführte, betrug er + 14,5′. Diese müssen folglich noch zu den obigen 17° 25,3′ addirt werden, um den wahren Werth der Declination für Freiburg zu finden. Man erhält so 17° 39,8′.

295 Beispiel 2. Das folgende Beispiel ist aus der Schrift: „Magnetische und geographische Ortsbestimmungen an den Küsten des adriatischen Golfes im Jahre 1854“, von K. Kreil, Wien 1855, 4°, entlehnt. Kreil bestimmte die Declination der Magnetnadel für Triest durch Beobachtungen in den Garten bei der Villa Necker, welcher in der Nähe der Sternwarte gelegen ist. Als Mire diente die Spitze des Leuchtthurmes, für welche folgende Azimuthe gefunden wurden.

	19. Juni 1854, Azimuth der Mire	= 139° 37,7′
	19. „ „ „ „ „	= 139° 38,0′
	20. „ „ „ „ „	= 139° 39,2′
	20. „ „ „ „ „	= 139° 39,1′
Mittelwerth	19. Juni, „ „ „	= 139° 37,85′
„	20. „ „ „ „	= 139° 39,15′.

Da die Mire nicht sehr entfernt war, so ist der Unterschied beider Mittel dem Umstande zuzuschreiben, dass der Instrumententisch nicht genau auf demselben Punkte stand, daher für die Beobachtungen der Declination am 18. und 19. Juni das erste, für die folgenden das zweite Mittel angewendet wurde. Man fand den Winkel zwischen der Mire und der Richtung der Magnetnadel, welcher Winkel mit *M* bezeichnet werden soll:

am 18. Juni	um	$21^h\ 56'$	mittlere Zeit in Triest	$M = 26^0\ 18{,}4'$	
„ 19. „	„	$21^h\ 9'$	„ „ „ „	$M = 26^0\ 19{,}7'$	
„ 20. „	„	$21^h\ 35'$	„ „ „ „	$M = 26^0\ 19{,}8'$	
„ 21. „	„	$20^h\ 12'$	„ „ „ „	$M = 26^0\ 16{,}4'$,	

woraus sich mit obigen Werthen des Azimuths der Mire folgende Werthe der Declination ergeben:

am 18. Juni	um	$21^h\ 56^m$	Declination	$= 14^0\ 3{,}8'$
„ 19. „	„	$21^h\ 9^m$	„	$= 14^0\ 2{,}5'$
„ 20. „	„	$21^h\ 35^m$	„	$= 14^0\ 1{,}0'$
„ 21. „	„	$20^h\ 12^m$	„	$= 14^0\ 4{,}0'$
			Mittel	$= 14^0\ 3{,}0'$.

e. Bestimmung der Neigung der Magnetnadel.

Die Neigung (Inclination) der Magnetnadel (Fig. 120 a. f. S.) bestimmt man direct oder indirect. Ein zur directen Bestimmung der Inclination dienendes Instrument heisst Inclinatorium oder Inclinationsboussole. Fig. 121 veranschaulicht den Bau eines solchen Inclinatoriums. Die Inclinationsnadel *a b* ist in einem getheilten Verticalkreise angebracht, dessen Ebene mit der Umdrehungsebene der Nadel zusammenfällt. Hat man das Instrument so aufgestellt, dass die Ebene des Verticalkreises genau mit der des magnetischen Meridians zusammenfällt, so kann man die Grösse der Inclination ablesen. Ein gutes Inclinatorium zu construiren, ist sehr schwierig, daher sind diese Instrumente sehr kostspielig. Ausserdem sind sie für öftern Transport wenig geeignet. Hierin liegt der Grund der mannigfachen Versuche, die Inclination auf indirecte Weise zu bestimmen. In Beziehung auf letztere muss hier erwähnt werden, dass Lamont an seinem magnetischen Reisetheodoliten eine Vorrichtung angebracht hat, mittelst welcher die magnetische Inclination durch die magnetische Induction in weichem Eisen bestimmt wird. Eine Auseinandersetzung der hierbei befolgten Methode liegt dem Zwecke dieser

296

Schrift fern. Man findet dieselbe in der „Beschreibung der an der Münchener Sternwarte verwendeten neuen Instrumente und Apparate“ von Lamont.

Fig. 120.

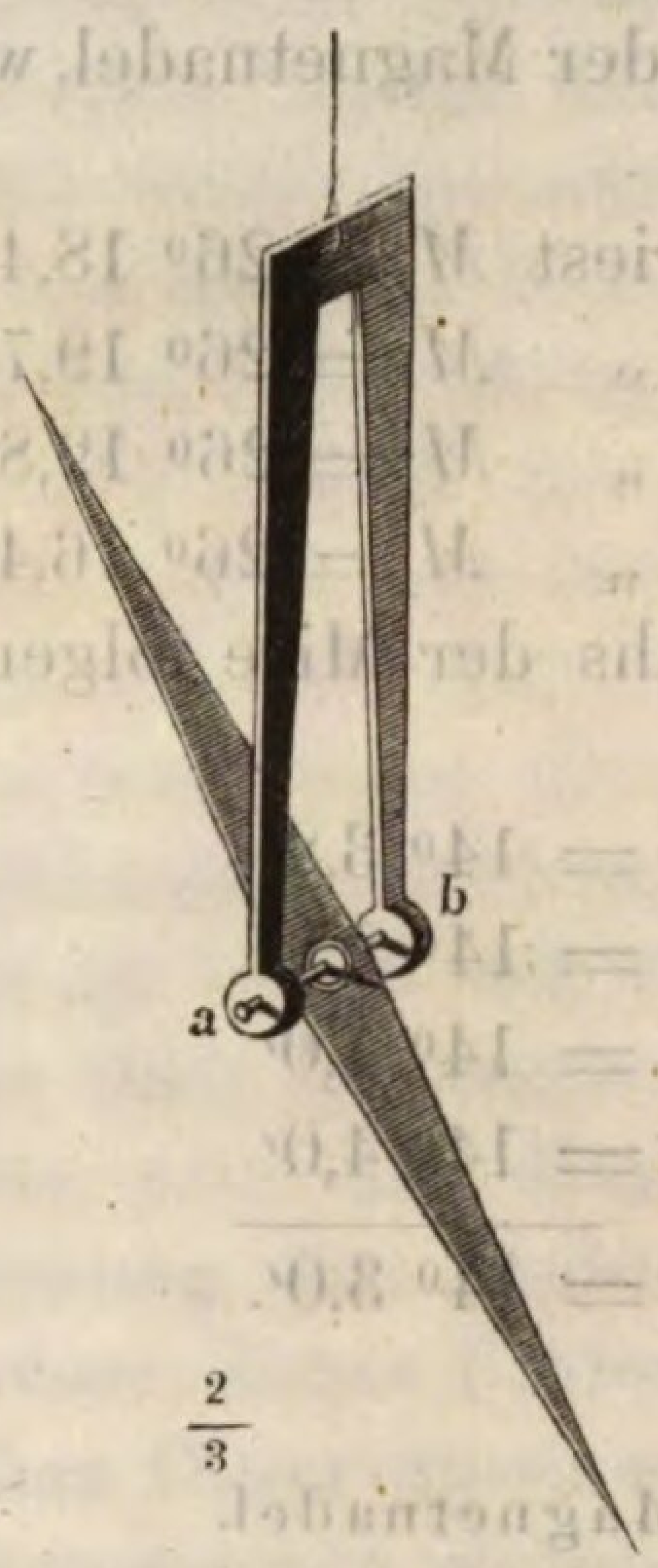
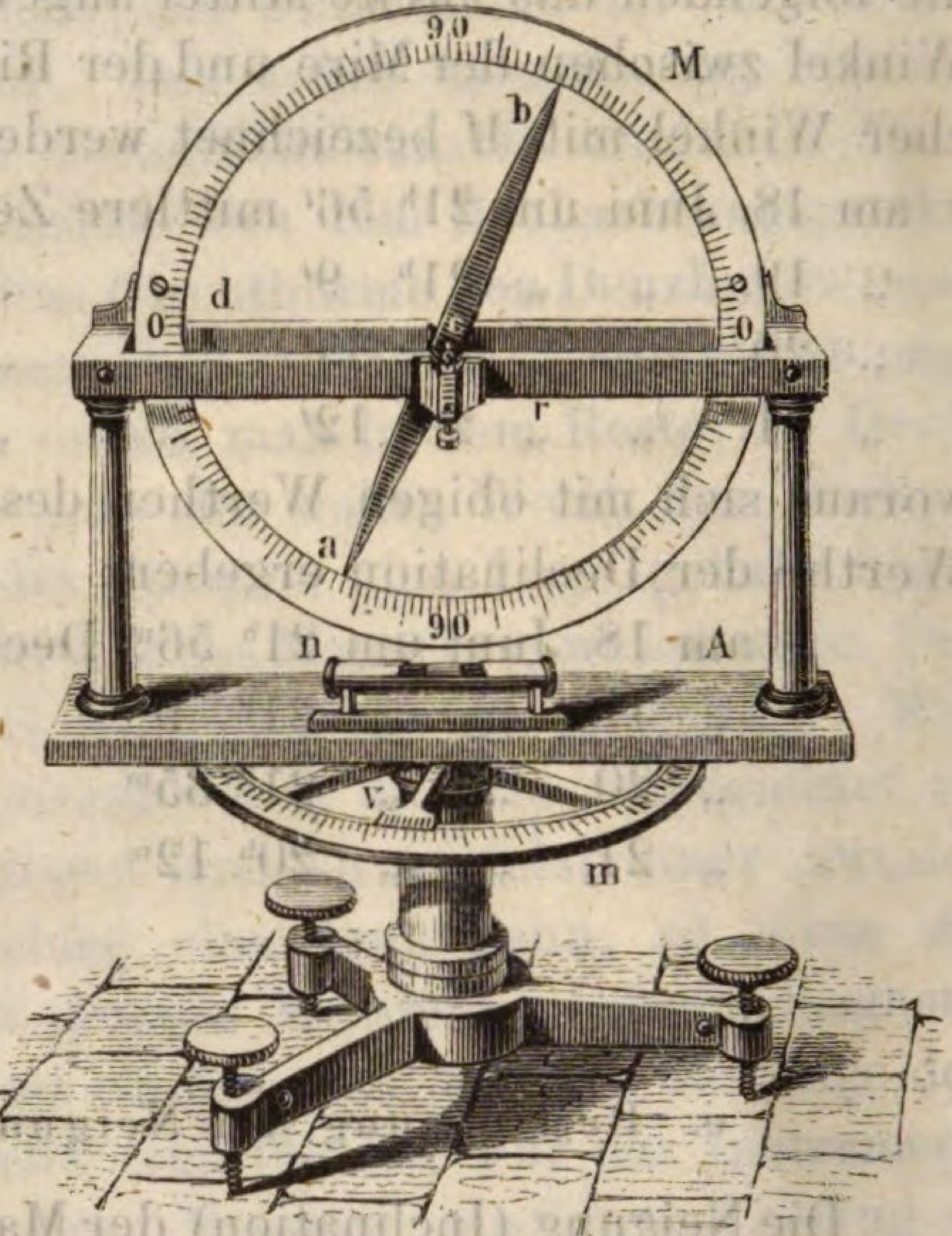


Fig. 121.



297 Von der Inclination der Magnetnadel ist bis jetzt noch keine solche technische Anwendung gemacht, wie von der Declination. Von Seiten der Seefahrer verdient indess eine Stelle im „Kosmos“ berücksichtigt zu werden. A. v. Humboldt sagt (a. a. O. Th. I, S. 185): „Es giebt auch Gegenden der Erde, wo der Seefahrer, seit vielen Tagen in Nebel gehüllt, ohne Sonne und Sterne, ohne alle Mittel der Zeitbestimmung, durch die Neigungsveränderung der Nadel mit Sicherheit wissen kann, ob er sich nördlich oder südlich von einem Hafen befindet, in den er einlaufen soll.“ In einer auf diese Stelle bezüglichen Anmerkung heisst es dann weiter: „die im Texte geschilderte Anwendung der Magnet-Inclination zu Breitenbestimmungen längs einer N. — S. laufenden Küste, die wie die Küste von Chili und Peru einen Theil des Jahres in Nebel (garua) gehüllt ist, habe ich angegeben in *Lamétherie's Journal de Physique*, 1804. *T. LIX. p.* 449. Diese Anwendung ist in der bezeichneten Localität um so wichtiger, als bei der heftigen Strömung von Süden nach Norden bis Cabo Pariña es für die Schifffahrt ein grosser Zeitverlust ist, wenn man sich der Küste erst

nördlich von dem gesuchten Hafen nähert. In der Südsee habe ich vom Hafen Callao de Lima bis Guayaquil bei einem Breitenunterschiede von 9° 50′, eine Inclinations-Veränderung von 33°, 05 gefunden (s. meine *Relation historique*, *T. III. p.* 622). Von Guarmey (Br. 10° 4′ S) und Huaura (Br. 11° 3′) bis Cyancay (Br. 11° 32′) sind die Neigungen 6°,80, 9°,00 und 10°,35 cent. Eintheilung. Die Ortsbestimmung mittelst der magnetischen Inclination hat da, wo der Schiffscurs die isoklinischen Linien fast senkrecht schneidet, das Merkwürdige, dass sie die einzige ist, welche jeder Zeitbestimmung, und also des Anblicks der Sonne und der anderen Gegenstände entbehren kann. Ich habe vor Kurzem erst aufgefunden, dass schon am Ende des 16. Jahrhunderts, also kaum 20 Jahre nach der Erfindung des Inclinatoriums von Robert Norman, in dem grossen Werke *de Magnete* von William Gilbert, Vorschläge, die Breite durch die Neigung der Magnetnadel zu bestimmen, gemacht worden sind. Gilbert (*Physiologia nova de magnete lib. V. cap.* 8, *p.* 200) rühmt die Methode als anwendbar, „*aëre caliginoso*“ Edward Wright in der Vorrede, welche er dem grossen Werke seines Lehrers beigefügt hat, nennt einen solchen Vorschlag „vieles Goldes werth“. Da er mit Gilbert irrigerweise annahm, dass die isoklinischen Linien mit den geographischen Parallelkreisen, wie der magnetische Aequator mit dem geographischen, zusammenfielen, so bemerkte er nicht, dass die erwähnte Methode eine locale und viel eingeschränktere Anwendung hat“. Im Kosmos Thl. IV, S. 171 finden wir dann noch aufgezeichnet, dass der Jesuit Cabeus, Verfasser der *Philosophia magnetica* (*in qua nova quaedam pyxis explicatur quae poli elevationem ubique demonstrat*), auch schon in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand geleitet habe.

f. Die Intensität.

Neben der Declination und Inclination kommt als drittes, 298
aber insofern es sich um die Erkenntniss des tellurischen Magnetismus selbst handelt, als wichtigstes Moment noch die Stärke oder Intensität der magnetischen Kraft in Betracht. Zwei Magnetnadeln von gleicher Form und Grösse haben häufig ungleiche magnetische Kraft. Man prüft letztere, indem man durch ein Stück Eisen, welches man in die Nähe des einen Pols bringt, die Magnetnadel ablenkt und dann das Eisen entfernt. Die Nadel

wird durch pendelartige Oscillationen in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren. Von zwei Nadeln hat diejenige die grösste Kraft, welche die meisten Schwingungen macht. Die Nadel der Messwerkzeuge darf weder zu viel, noch zu wenig Schwingungen machen, oder, wie man dieses ausdrückt, sie darf weder zu flüchtig noch zu träge sein. In Beziehung hierauf hat aber der Feldmesser für seine Boussole ein anderes Maass, wie der Schiffer für seinen Compass.

Erst am Schlusse des 18. Jahrhunderts sind die Schwingungen, aus deren Dauer auf die Intensität geschlossen wird, Gegenstand des Experiments, in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein Gegenstand ernster und fortgesetzter Untersuchung geworden.

299 Den Zusammenhang der örtlichen magnetischen Erscheinungen, wie diese an der Compassnadel beobachtet werden, findet man auf der 14. Tafel meines „Tabellarischen Grundrisses der Experimentalphysik, Emden 1856“, übersichtlich dargestellt. Ebenso sind die Grundzüge des tellurischen Magnetismus in dem trefflichen „Lehrbuche der kosmischen Physik von Müller“ sehr anschaulich entwickelt. Dann hat unser grosser Forscher und Denker in dem soeben erschienenen IV. Theile des „Kosmos“ die mannigfachen Resultate des ungeheuern Beobachtungsmaterials der neuesten Zeit combinirt und in ihrem innern Zusammenhange so dargestellt, dass sie als Momente eines und desselben Grundgedankens begriffen werden können.

Ohne eine Kenntniss dieses Zusammenhanges und der der magnetischen Constanten, welche für die verschiedenen Orte der Erdoberfläche durch Beobachtung ermittelt sind, wird der Seefahrer, Feldmesser, Markscheider sowie jeder andere Beobachter bei dem „ewig Veränderlichen“ dieser Erscheinungen immer im Dunkeln umherirren, weshalb es hier noch erforderlich ist, obgleich es sich um nichts weniger, als um eine Darstellung der tellurischen Erscheinungen des Magnetismus handelt, das, was für den Beobachter von Belang werden kann, kurz zusammengefasst zur Darstellung zu bringen.

300 Die folgende aus Lamont's „Astronomie und Erdmagnetismus, Stuttgart 1851“ entlehnte Tafel enthält die magnetischen Constanten der Orte, für welche sie am genauesten bestimmt sind. In dieselbe sind jedoch für die Orte, für welche neuere Bestimmungen vorliegen, nach Lamont's „Magnetische Ortsbestimmungen, ausgeführt an verschiedenen Punkten des Königreichs

Bayern und einiger anderer Staaten, München 1854", sowie nach Kreil's „Magnetische und geographische Ortsbestimmungen an den Küsten des adriatischen Meeres im Jahre 1854, Wien 1855," für die älteren Zahlen die neueren gesetzt worden. Die Constanten für 1858 (1. Januar) verdanke ich der Güte des Herrn Professor Lamont.

Name des Orts.	Jahr.	Declination	Inclination.	Horizontalintensität.
I. Deutschland und dazu gehörige Länder.				
Berlin	1858	14° 21,4'	67° 38,2'	1,8036
Bonn	1858	17 37,9	67 11,7	1,8277
Cassel	1858	16 24,9	67 10,7	1,8271
Emden	1858	18 4,0	68 54,1	1,7257
Göttingen	1845	17 43,0	67 32,0	1,785
Hamburg (Altona)	1858	16 18,1	68 35,4	1,7440
Hannover	1858	16 25,7	67 49,7	1,7890
Innsbruck	1845	16 31,0	64 20,0	1,970
Königsberg	1848	10 11,8	68 49,2	1,7167
Leipzig	1850	15 43,8	67 5,0	1,831
München	1858	14 54,5	64 39,5	1,9712
Prag	1858	13 38,9	65 45,2	1,9100
Triest	1854	14 2,9	62 36,1	2,090
Venedig	1854	14 34,3	62 33,5	2,089
Wien	1858	12 31,9	64 6,1	2,0129
II. Grossbritannien, Frankreich, Belgien, Holland.				
Bordeaux	1858	20 0,2	64 5,8	2,0163
Brüssel	1858	19 16,4	67 39,9	1,8049
Dublin	1845	27 0,0	69 41	1,689
Dünkirchen	1858	20 6,6	67 56,3	1,7871
Greenwich	1850	22 29,5	68 48,0	1,739
Leyden	1858	19 15,0	68 21,7	1,7561
London	1858	21 32,1	68 28,0	1,7556
Orleans	1858	19 25,4	65 52,6	1,9079
Paris	1858	19 36,1	66 26,5	1,8759
Perpignan	1858	17 59,2	61 47,8	2,1357
Utrecht	1858	18 46,0	68 11,6	1,7661
III. Russland und Skandinavische Länder.				
Copenhagen	1858	15 12,5	69 28,5	1,6758
Ochotzk	1842	2 18,0	70 41,0	
Moskau	1842	3 2,0	68 57,0	1,762
Petersburg	1842	6 21,0	71 0	1,658
Reikiawik	1842	43 14	77 0	—
Spitzbergen	1842	25 12	81 11	0,836

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontalintensität.
IV. Süd-Europa. (Italien, Griechenland, Spanien.)				
Ancona	1854	13° 39,5'	60° 53,4'	2,182
Barcelona	1858	18 5,0	60 42,2	2,1891
Bayonne	1858	19 57,8	63 6,8	2,0691
Cadix (San Fernando)	1858	20 12,5	58 3,7	2,3294
Fiume	1854	13 45,8	62 12,2	2,110
Gibraltar	1840	+ 21 40	59 40	2,289
	1657	− 7 30	—	—
Korfu	1854	11 7,8	55 38,0	2,431
Lissabon	1858	21 40 2	60 39,2	2,2102
Madrid	1858	20 7,9	61 5,9	2,1718
Marseille	1858	17 4,1	61 40,5	2,1363
Palermo	1835	16 3	57 16	2,435
Saragossa	1858	19 17,2	61 36,4	2,1459
V. Afrika.				
Algier	1842	+ 18 35	+ 57 21	2,373
Ascension	1842	+ 19 16	+ 1 39	—
	1657	− 10 0	—	—
Cap der guten Hoffnung	1842	+ 29 13	− 53 20	—
	1657	− 1 30	—	—
St. Helena	1845	+ 23 32	− 21 52	2,734
	1657	− 3 46	—	—
Port Louis (Mauritius)	1845	+ 9 44	− 53 56	—
VI. Südasiatische Länder.				
Hong-Kong	1841	− 0 37	30 3	—
Malacca	1841	− 1 36	− 11 2	—
Manilla	1840	− 0 18	+ 16 27	3,709
Singapore	1841	− 1 39	− 12 1	3,671
VII. Nordamerika.				
Acapulco	1838	− 8 23	+ 37 57	3,672
Cincinnati	1840	− 5 30	71 4	2,095
Hudson	1840	− 1 52	72 48	—
New-York	1840	+ 5 34	72 39	—
Philadelphia	1840	+ 4 3	71 59	—
San Francisco	1838	− 15 20	62 0	2,526
Sitka	1845	− 28 53	75 51	1,466
Toronto	1842	+ 1 19	75 16	6,632
Washington	1842	+ 1 24	71 14	2,007
VIII. Südamerika.				
Bahia	—	+ 4 18	+ 5 24	3,036
Callao	1838	− 10 44	− 6 14	3,403
Chiloe	—	− 18 0	− 49 26	2,973
Conception	1839	− 16 48	− 44 13	—
Gallopagos-Inseln	—	− 9 30	+ 9 29	—
Monte-Video	1840	− 12 0	− 35 40	3,009
Panama	1837	− 7 2	+ 31 52	3,575
Pernambuco	—	+ 5 54	+ 13 13	—
Rio de Janeiro	1838	− 2 8	− 13 30	—
Valparaiso	—	− 15 18	− 39 7	—

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontalintensität.
		IX. Australien.		
Aukland Insel	1841	— 15° 29′	— 73° 10′	1,893
Bai of Island (Neu Seeland)	1842	— 13 36	— 59 32	—
Hobartown	1846	— 9 55	— 70 36	2,070
King George's Sound . .	1845	— 5 33	— 65 4	—
Point Venus (Otaheiti) . .	1840	— 6 30	— 30 18	3,417
Port Louis (Falklands-Ins.)	1842	— 17 36	— 52 26	—
Sydney	1842	+ 9 51	— 62 49	2,712

Das Zeichen + oder kein Vorzeichen bezeichnet westliche Declination und nördliche Inclination, das Zeichen — hingegen östliche Declination und eine südliche Inclination.

Bei dem Streben, diese Beobachtungen für sich und in ihrem 301
Zusammenhange zu begreifen, haben sich folgende Punkte und Linien herausgestellt.

1. Die beiden Magnetpole, von welchen, ungleich von den Rotationspolen entfernt, in jeder Hemisphäre einer liegt. Unter ihnen sind die Punkte des Erdsphäroids zu verstehen, in denen die magnetische Inclination = 90° ist, in welchen also die horizontale Kraft verschwindet;

2. der magnetische Aequator, d. i. die Curve, auf welcher die Inclination der Nadel 0 ist;

3. die Linien gleicher Declination oder die isogonischen Linien;

4. die Linien, auf welchen die Declination = 0 ist, d. i. die Linien ohne Abweichung;

5. die Linien gleicher Inclination oder die isoklinischen Linien;

6. die vier Punkte grösster Intensität der magnetischen Erdkraft, zwei von ungleicher Stärke in jeder Hemisphäre;

7. die Linien gleicher Erdkraft oder die isodynamischen Linien;

8. die Wellenlinie, welche auf jedem Meridian die Punkte schwächster Intensität der Kraft verbindet; diese ist auch wohl der dynamische Aequator genannt worden. Diese Wellenlinie fällt weder mit dem geographischen, noch mit dem magnetischen Aequator zusammen.

Am wichtigsten in unmittelbar praktischer Anwendung der gewonnenen Resultate für die Schiffsrechnung und das gesammte Seewesen sind die linearen Beziehungen, in denen die Erdpunkte zu einander stehen, welche eine gleiche, oder gar keine Abweichung zeigen.

302 Verbindet man die Orte der Erdoberfläche, an welchen die Magnetnadel gleiche Declination zeigt, durch Linien, so heissen diese letzteren isogonische oder Linien gleicher Abweichung. Karten, auf welchen die Isogonen aufgetragen sind, heissen Declinations- oder früher Variationskarten. Der Cosmograph Alonso de Santa Cruz, Lehrer des jugendlichen Kaisers Carl V, zeichnete 1530, freilich auf sehr unvollständige Materialien gegründet, die erste allgemeine Variationskarte. Im Jahre 1700 entwarf Halley eine Declinationskarte, welche vollständiger war. Ihm zu Ehren hat, nach A. v. Humboldt, der dankbare Sinn englischer Seefahrer die Linien gleicher Abweichung durch den historischen Namen *Halleyan lines* bezeichnet. Später veröffentlichte Hansteen 1780 eine vollkommenere; die neuesten sind die von Adolph Erman nach den Beobachtungen von 1827 bis 1830, und von Barlow 1833 entworfenen.

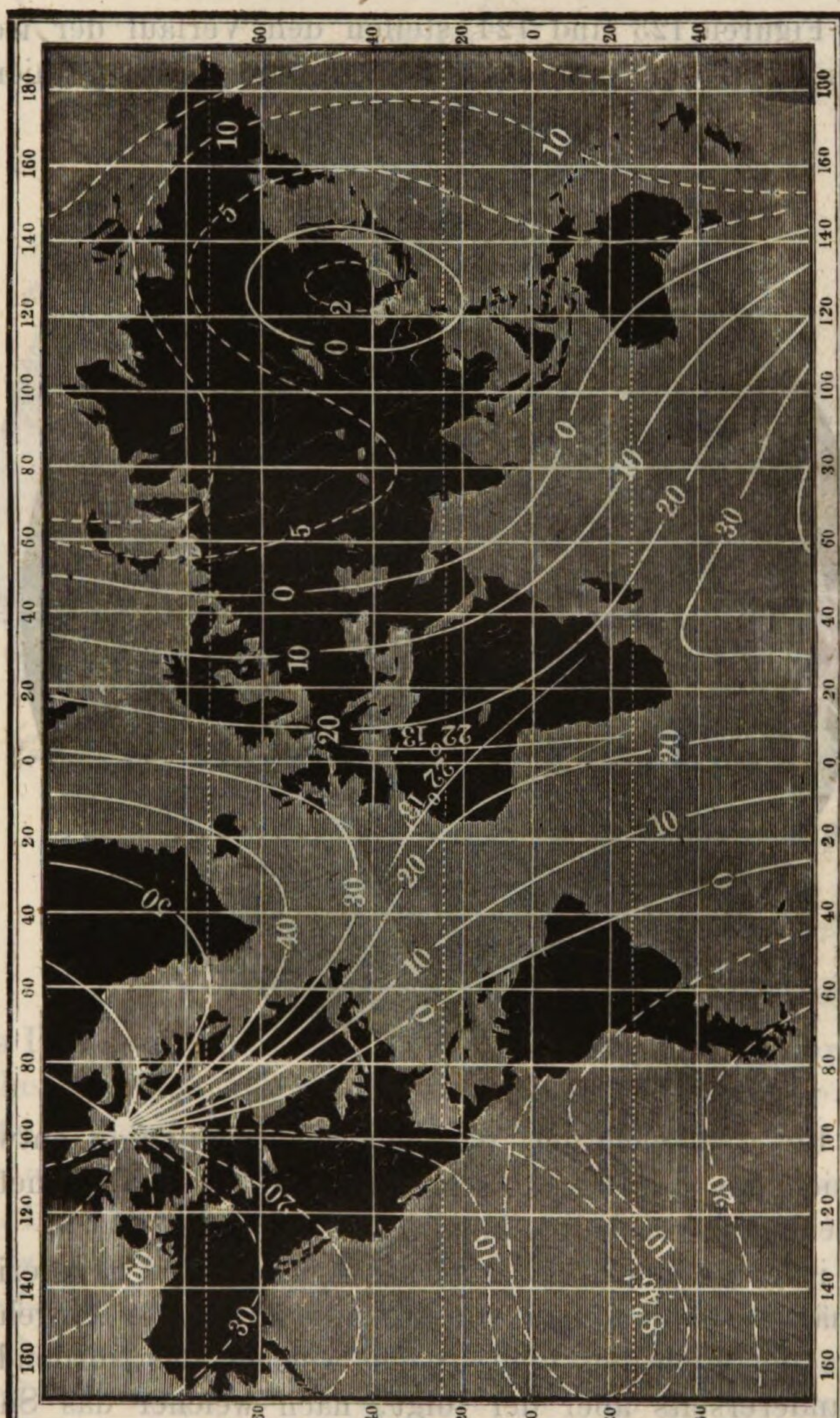
Figur 122 ist das verjüngte Bild einer solchen in Aequatorialprojection entworfenen Declinationskarte. Sie umfasst den Erdgürtel zwischen dem 80. Grade nördlicher und 60. Grade südlicher Breite.

Zu den Linien gleicher Abweichung gehören die Linien ohne Abweichung, d. h. die, auf welchen überall die Richtung der horizontalen Magnetnadel mit der Richtung des astronomischen Meridians zusammenfällt. Diese letztere verläuft, von der Ostspitze Südamerikas ausgehend, östlich von den westindischen Inseln, trifft in der Gegend von Philadelphia auf den nordamerikanischen Continent und geht höher hinauf, durch die Hudsonsbai über den Nordpol der Erde hinweg. Auf der östlichen Halbkugel trifft sie, östlich vom weissen Meere, auf Russland, geht zum kaspischen Meere hinunter und wendet sich, nachdem sie Arabien an der Ostseite berührt hat, durch Vorderindien ziehend, nach Neuholland und läuft durch die um den Südpol der Erde liegenden Gegenden weg in sich selbst zurück.

Auf der einen Seite dieser Linie ohne Abweichung zeigt die Magnetnadel eine westliche, auf der andern eine östliche Abweichung. Auf dem atlantischen Ocean, in Europa und Afrika ist nämlich die Abweichung westlich; auf der andern Seite im stillen

Ocean bis zur Westküste Amerika's östlich. Die Curven östlicher

Fig. 122.



Abweichung sind auf den Karten Fig. 122, 123 und 124 punktirt, die Linien westlicher Abweichung weiss. Die Grösse der Abweichung findet sich auf jeder Curve.

Die Abweichung (Declination) nimmt, von der einen Linie ohne Abweichung ausgehend bis zu einer gewissen Grenze hin zu,

und dann von hier bis zur andern Linie ohne Abweichung wieder ab.

Die Figuren 123 und 124 stellen den Verlauf der isogonischen Linien in der Nähe der Pole dar. Letztere sind hier, wie

Fig. 123.



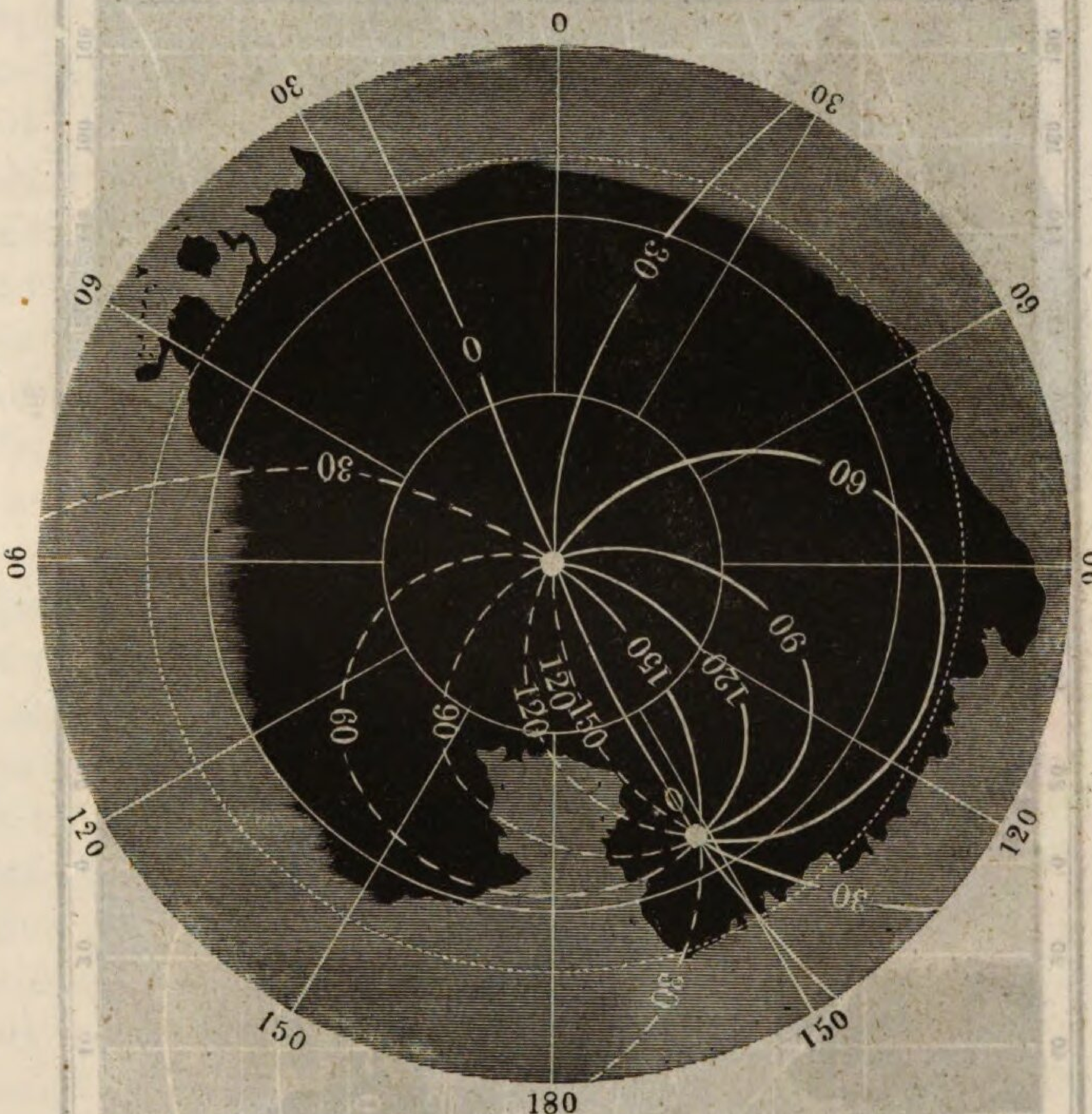
auch in Fig. 122, nach den Werthen der Declination entworfen, welche sich aus der Gauss'schen Theorie des Erdmagnetismus durch Rechnung ergeben haben.

Die isogonischen Linien sind die magnetischen Erdmeridiane. Man erhält sie, wenn man von irgend einem Orte ausgeht und einerseits der Richtung folgt, nach welcher das Nordende der Nadel, andererseits aber der folgt, nach welcher das Südende hinweist.

303 Verbindet man die Orte der Erdoberfläche, an welchen die Magnetnadel gleiche Neigung (Inclination) zeigt, auf der Karte, so erhält man die isoklinischen Linien oder die Linien gleicher Neigung. Die Figuren 125, 126, 127 deuten den Verlauf der isoklinischen Linien auf der Erdoberfläche an. Die auf den

Linien stehenden Zahlen geben die jeder Curve entsprechende Inclination an.

Fig. 124.



Die Linie auf der Erdoberfläche, welche die Orte verbindet, an welchen die Inclination gleich 0 ist, heisst der magnetische Aequator. Nach Duperrey durchschneidet letzterer den Erdäquator unter $3\frac{1}{2}^0$ östl. Länge und 175^0 östl. Länge, war unter 45^0 östl. Länge am weitesten nördlich, und unter 50^0 westl. Länge am weitesten südlich von ihm entfernt.

Die Isoklinen sind dem magnetischen Aequator mehr oder weniger parallel und bilden sämmtlich geschlossene Curven. Je weiter man sich vom magnetischen Aequator in einer auf ihn senkrechten Richtung nach Norden oder Süden hin entfernt, desto stärker senkt sich im ersten Falle der Nordpol, im zweiten der Südpol der Nadel. Man kommt hierbei sowohl auf der nördlichen, als auf der südlichen Hemisphäre auf zwei Stellen der Erdoberfläche, auf welchen die Inclination der Nadel senkrecht steht. Diese nennt man die magnetischen Pole der Erde. Auf der Erdober-

fläche finden sich zwei solcher Pole. Der nördliche Magnetpol liegt, nach Sir James Ross, unter + 70° 5′ Br. und 99° 5′ westl.

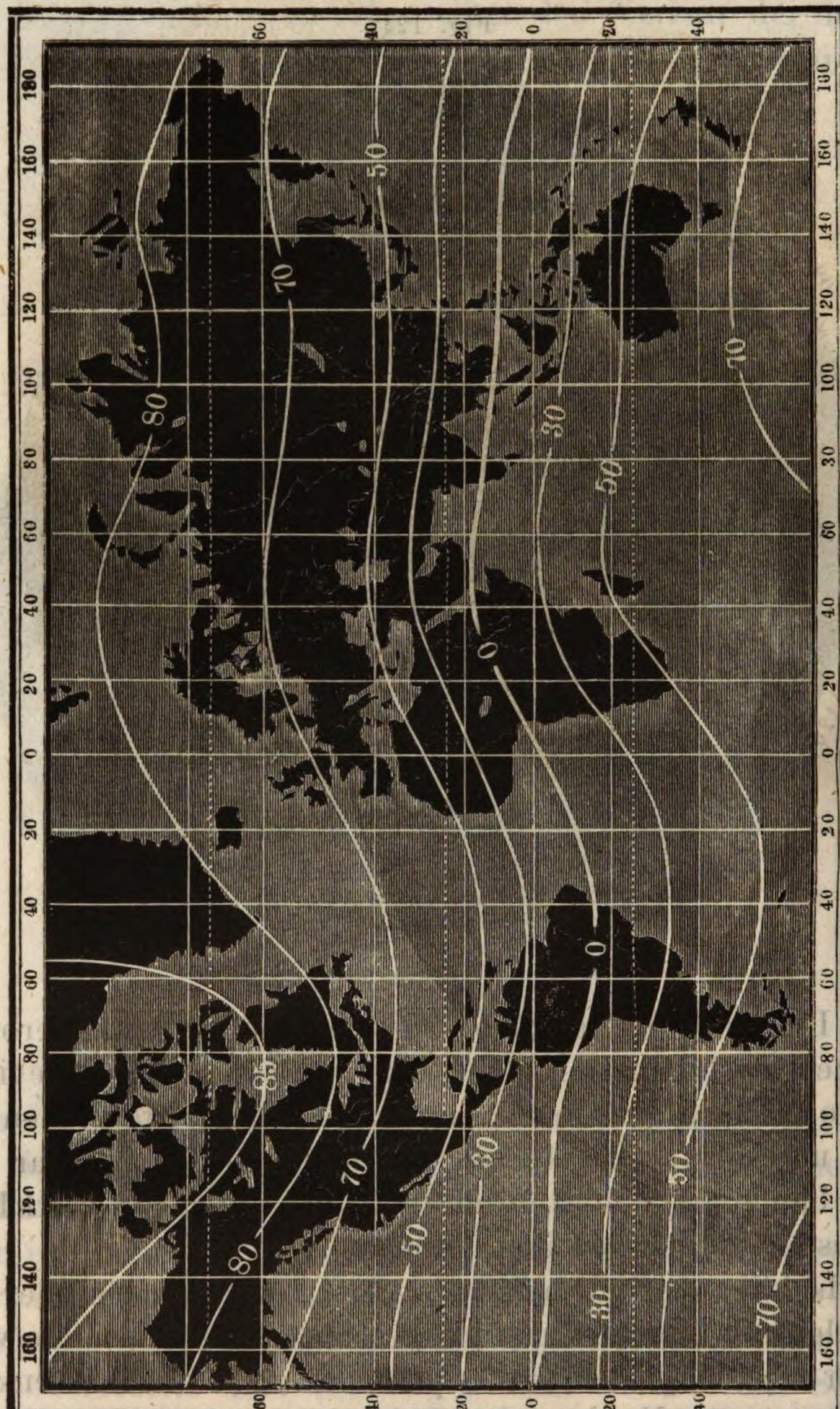


Fig. 125.

Länge. Er ist fünf Breitengrade entfernter von dem Rotationspol der Erde, als der südliche, welcher unter — 75° 5′ Br. und 151° 48′ östl. Länge liegt. Der südliche Magnetpol hat auch 109° mehr westliche Länge vom Meridian von Paris ab, als der nördliche Magnetpol. Letzterer gehört der Insel Boothia Felix, einem

Fig. 126.

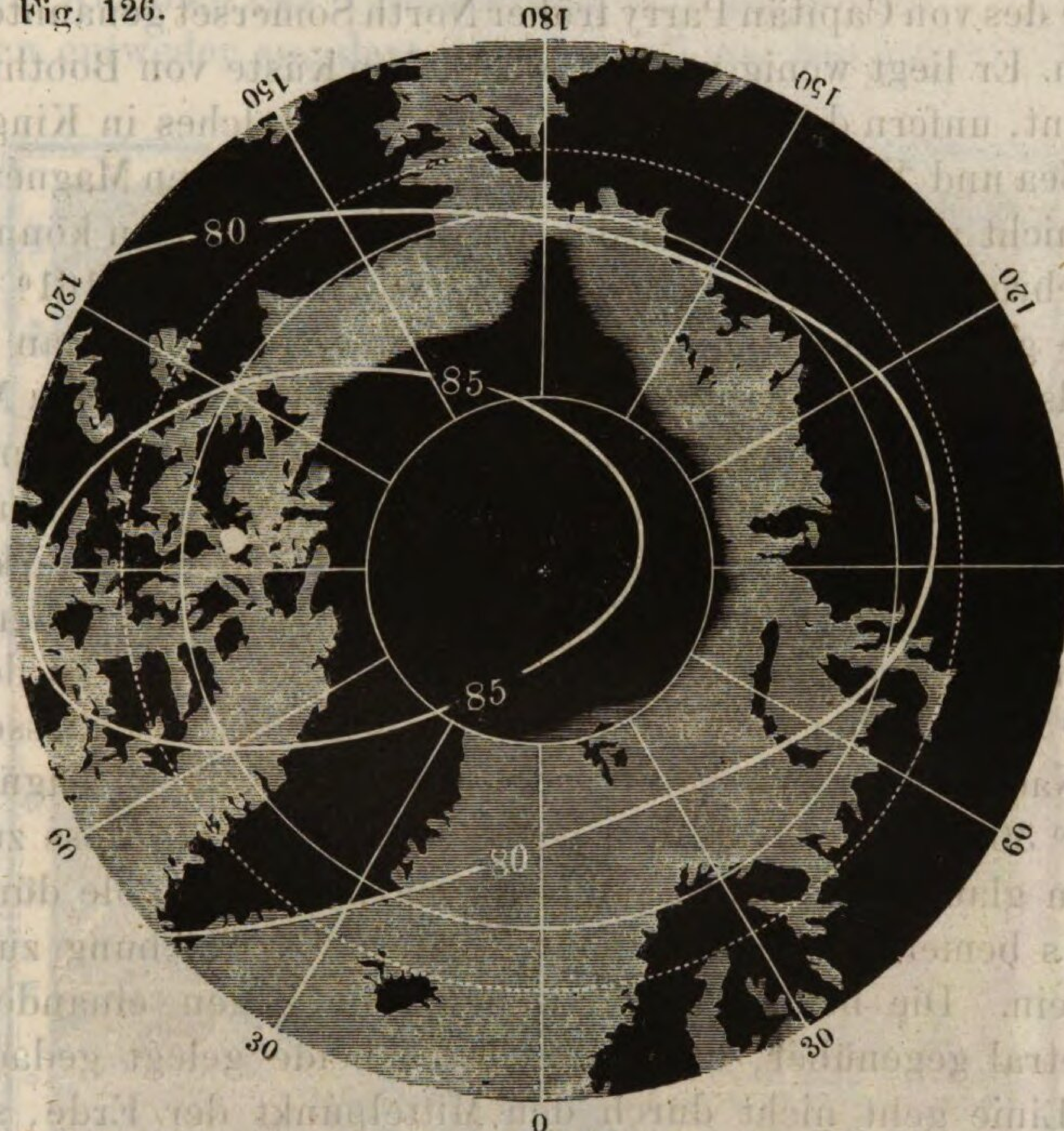
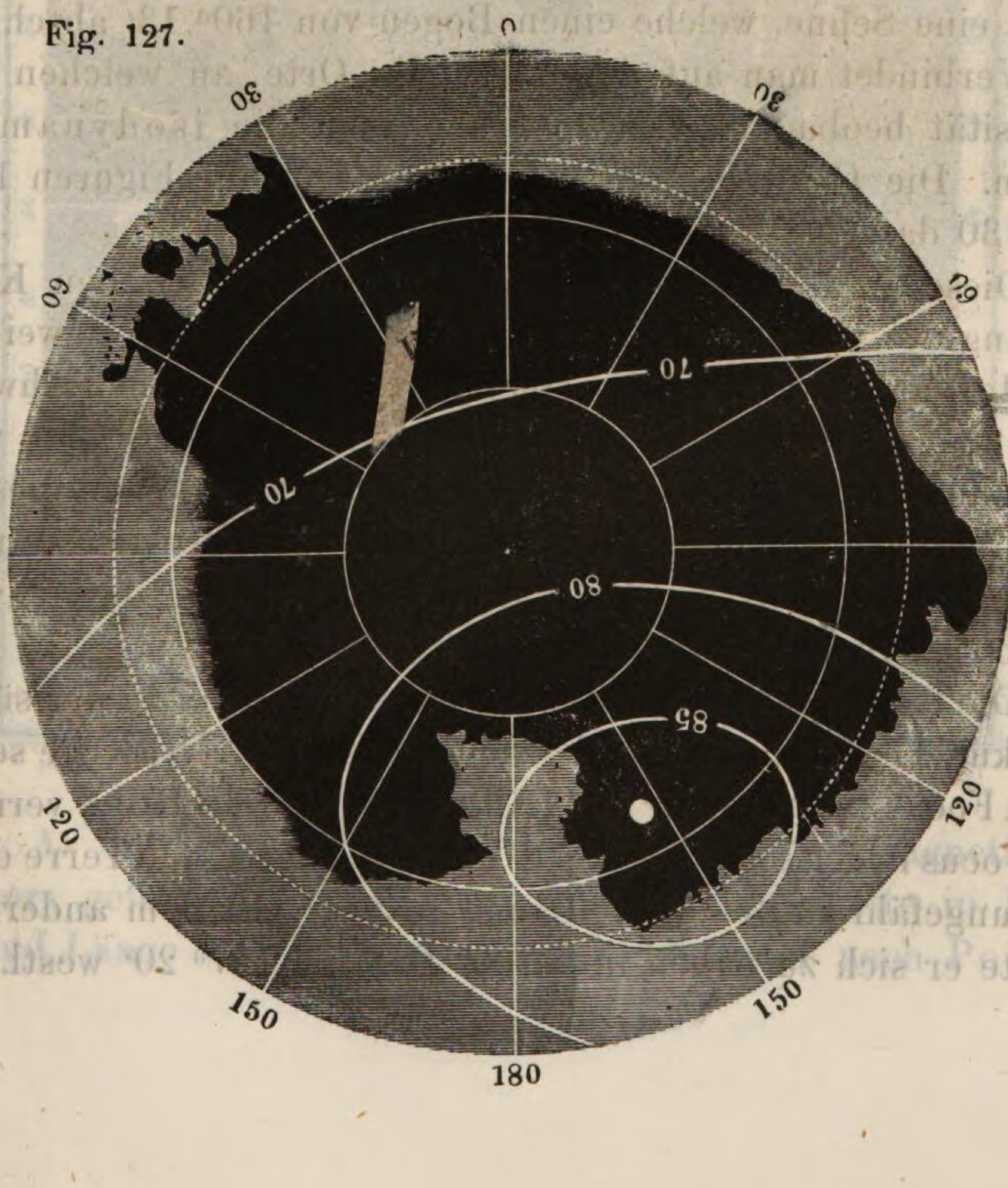


Fig. 127.



Theile des von Capitän Parry früher North Somerset genannten Landes an. Er liegt wenig von der westlichen Küste von Boothia Felix entfernt, unfern des Vorgebirges Adelaide, welches in King William's Sea und Victoria Street vortritt. Den südlichen Magnetpol hat man nicht unmittelbar, wie den nördlichen, erreichen können. Am 17. Februar 1841 war J. Ross bis — 76° 12′ Br. und 161° 40′ östl. Länge gelangt, die Inclination war aber erst 88° 40′, man glaubte sich also noch 160 englische Seemeilen von dem südlichen Magnetpole entfernt. Die durch die Declinations-Beobachtungen erhaltene Intersection der magnetischen Meridiane macht es sehr wahrscheinlich, dass der Südmagnetpol im Innern des grossen antarktischen Polarlandes South Victoria Land gelegen ist; westlich von den Prince Albert Mountains, die sich dem Südpol nähern, und an den über 11600 Fuss hohen brennenden Vulcan Erebus anschliessen.

Nach der Theorie von Gauss liegt der nördliche magnetische Pol 3° 30′ nördlich von dem Orte, wo ihn Capitän Ross zu beobachten glaubte. Bei dem südlichen magnetischen Pole dürfte, wie Gauss bemerkt, wohl noch eine grössere Verschiebung zu erwarten sein. Die beiden magnetischen Pole liegen einander nicht diametral gegenüber, d. h. eine durch beide gelegt gedachte gerade Linie geht nicht durch den Mittelpunkt der Erde, sondern bildet eine Sehne, welche einen Bogen von 160° 13′ abschneidet.

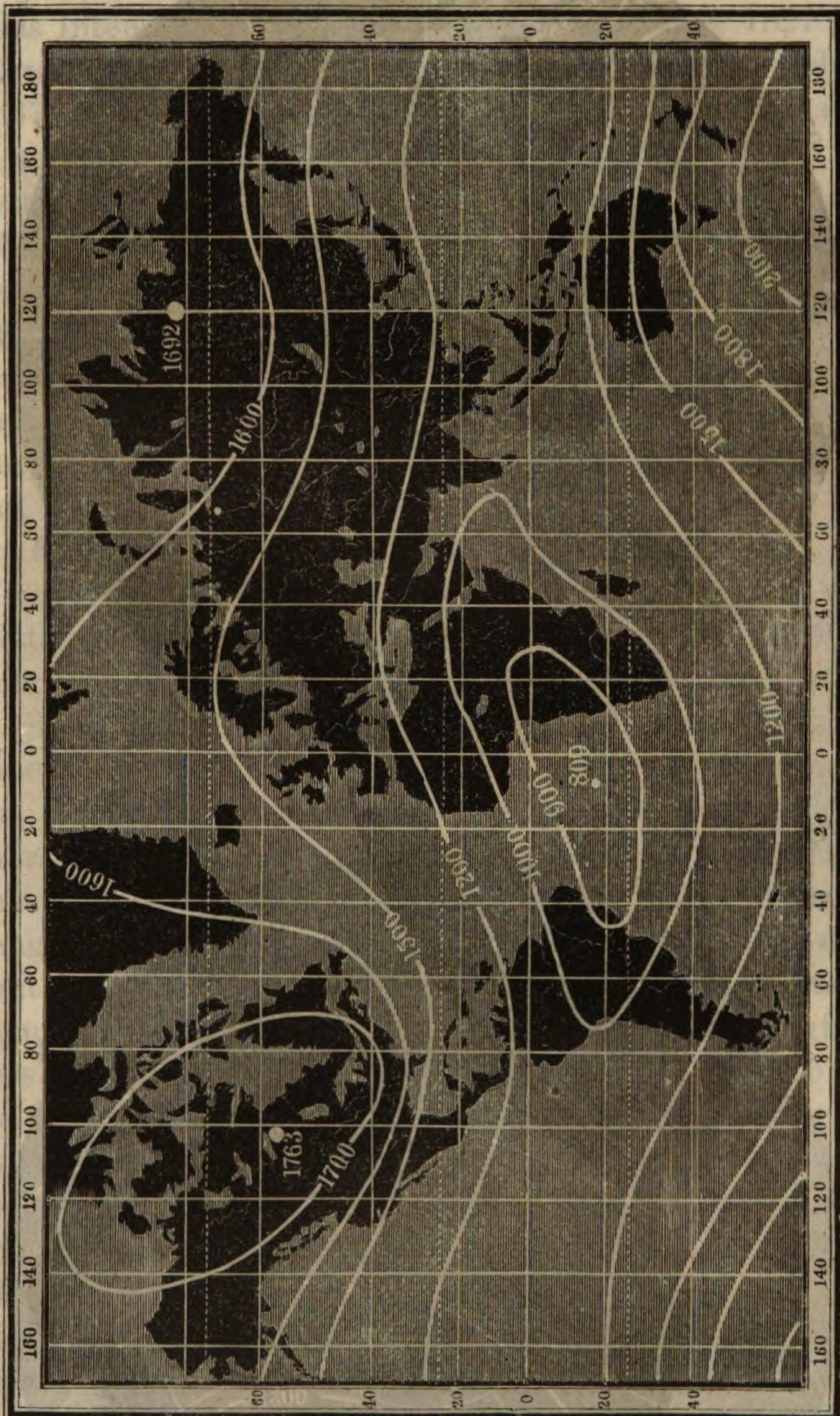
304 Verbindet man auf der Karte die Orte, an welchen gleiche Intensität beobachtet ist, so erhält man die isodynamischen Linien. Die Configuration dieser ist durch die Figuren 128, 129 und 130 dargestellt.

Diese Figuren zur Versinnlichung der tellurischen Kraftvertheilung des Magnetismus lassen für jede Hemisphäre zwei Punkte der Maxima der Intensität, einen stärkern und einen schwächern, erkennen, und zwar haben diese sehr ungleiche Abstände von den Rotations- wie von den Magnetpolen der Erde. Von diesen vier Erdpunkten liegt in der nördlichen Hemisphäre der stärkere in Nordamerika, in Br. + 52° 19′ und Länge 100° W., der schwächere in Sibirien in Br. + 70° und Länge 120° O.

Die Lage des stärkern und schwächern Focus in der südlichen Halbkugel ist noch nicht völlig sicher bestimmt. Sabine setzt den einen Focus in Br. — 64° und Länge 135° 10′ Ost. Ross vermuthete den Focus in der Nähe der von d'Urville entdeckten Terre d'Adelie, also ungefähr in Br. — 67° Länge 137° 40′ Ost, dem andern Focus meinte er sich zu nahen in — 60° Br. und 127° 20′ westl. Länge.

Die Angaben des Verhältnisses der magnetischen Kräfte geschehen entweder so, dass man sie mit der Intensität vergleicht,

Fig. 128.



welche A. v. Humboldt in einem Punkte des magnetischen Aequators gefunden, den die peruanische Andeskette in Br. — 7° 2′ und Länge 87° 8′ W. durchschneidet; oder nach Poisson

Fig. 129.

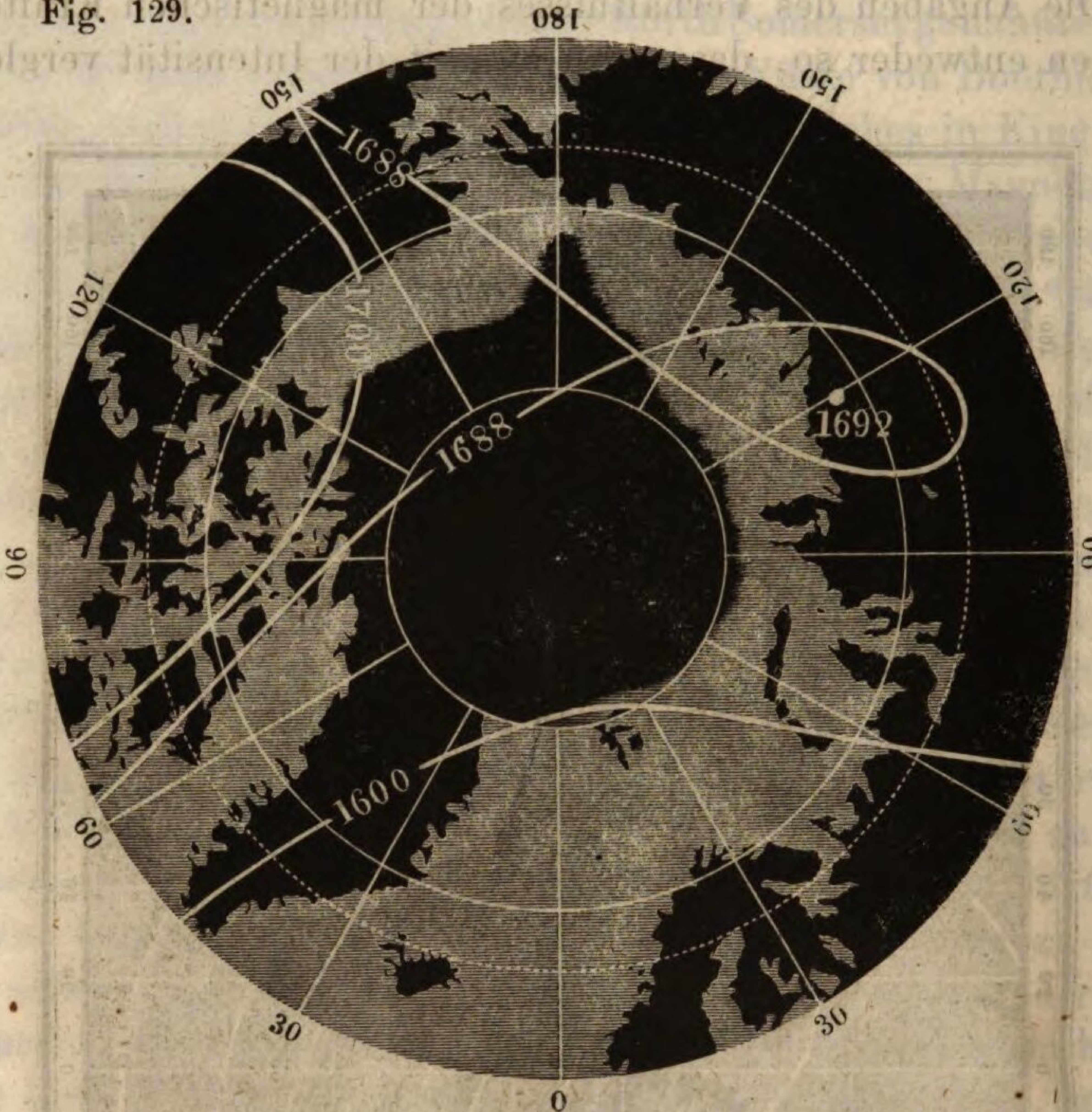
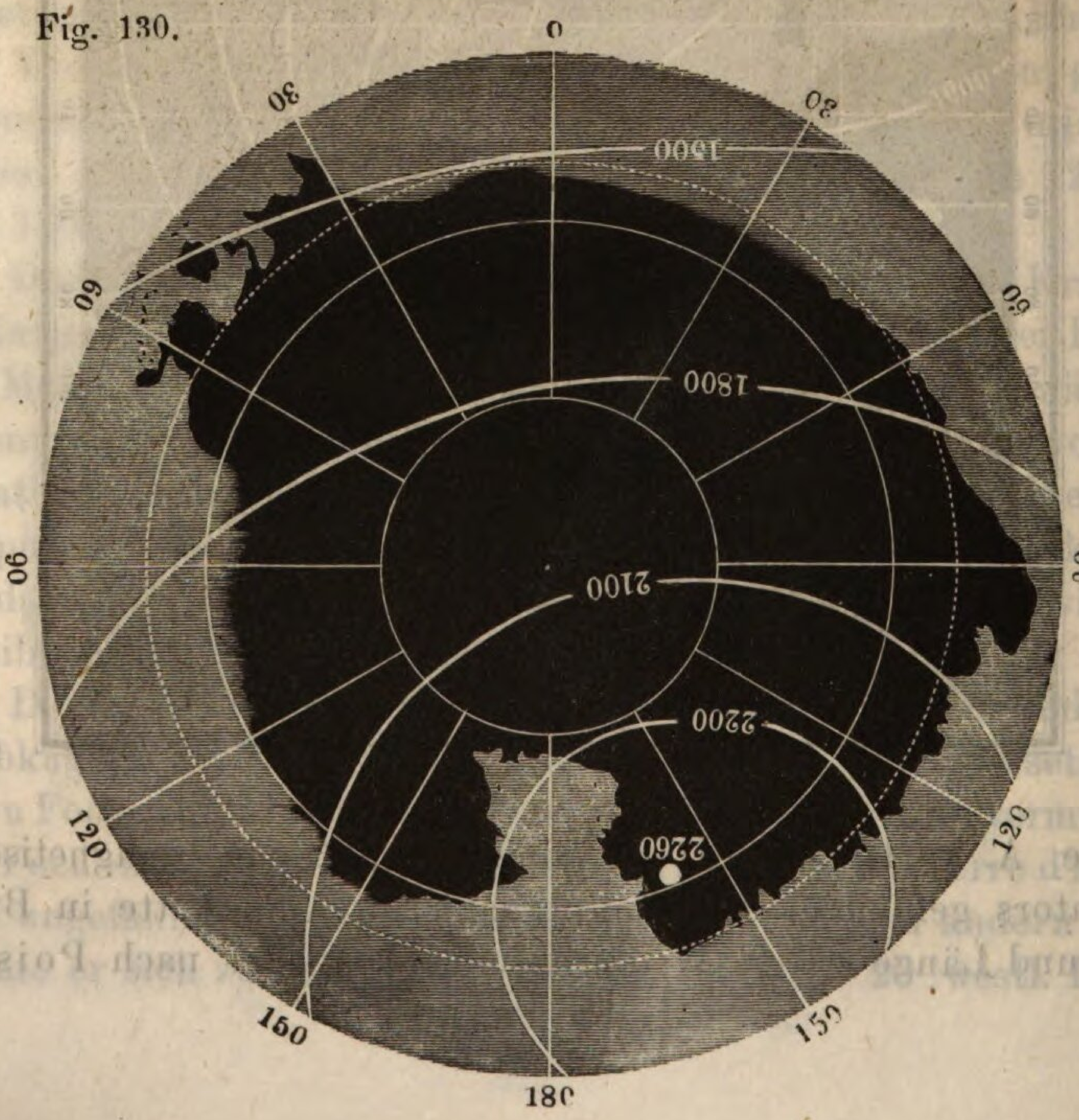


Fig. 130.



und Gauss in absoluter Messung. Nach jener, der relativen Scala, wenn die Intensität auf dem eben bezeichneten Erdpunkte im magnetischen Aequator = 1,000 gesetzt wird, fand man, als man das Intensitätsverhältniss von Paris im Jahre 1827 zu dem von London ermittelte, die Intensitäten dieser zwei Städte 1,348 und 1,372. Wenn man diese Zahlen in die absolute Scala übersetzt, so würden sie ungefähr 10,20 und 10,38 heissen; und die Intensität, welche für Peru = 1,000 gesetzt worden ist, würde nach Sabine in absoluter Scala = 7,57 sein. Diese letztere ist grösser als die Intensität in St. Helena, die in derselben absoluten Scala = 6,4 ist. Die in den obigen Figuren auf den isodynamischen Linien stehenden Zahlen geben den Werth der Intensität nach der relativen Scala an, nach welcher die Intensität für London 1,372 ist. Um Brüche zu vermeiden, sind diese Zahlen mit 1000 multiplicirt. Um sie in die absolute Scala zu übersetzen, muss man sie mit 0,0034941 multipliciren.

Der dynamische Aequator, oder die Curve der schwächsten Intensität, auf dessen Bedeutung Sabine zuerst aufmerksam gemacht hat, verbindet die Punkte jedes geographischen Meridians, in welchem die Erdkraft am geringsten ist. Sie zieht sich als eine wellenförmig gebogene Linie um den Erdkörper. Von ihr aus nimmt die Erdkraft gegen die höheren Breiten jeder Hemisphäre zu. Sie giebt so die Grenze zwischen den beiden magnetischen Halbkugeln auf eine noch entschiedenere Weise an, als der magnetische Aequator, über welchem die Richtung der Magnetkraft senkrecht auf der Richtung der Schwerkraft steht. Die Krümmungen des dynamischen Aequators sind mannigfach, besonders merkwürdig sind in diesen Inflexionen die ausserordentlich grosse Convexität gegen den Südpol im atlantischen Ocean, zwischen den Küsten von Brasilien und dem Vorgebirge der guten Hoffnung, wie auch aus der Gestalt der dynamischen Linie in Figur 128 ersichtlich ist. Der dynamische Aequator selbst ist in Fig. 128 nicht eingezeichnet.

Uebrigens hat die Intensität der Erdkraft, an bestimmten Punkten der Oberfläche unseres Planeten gemessen, wie alle Erscheinungen des tellurischen Magnetismus, ihre stündlichen, wie auch ihre secularen Variationen.

Lamont hat für Deutschland Declinations-, Inclinations- und 305
Intensitätskarten entworfen, welche sich auf die neueren genaueren Bestimmungen gründen und ebenso hat derselbe solche magne-

tische Karten, welchen seine eigenen zahlreichen Messungen zum Grunde liegen, für Baiern und das südwestliche Deutschland herausgegeben. (Magnetische Karten von Deutschland und Baiern von Lamont, München 1854.) Fig. 131 ist das Bild der von

Fig. 131.



Lamont entworfenen Declinationskarte von Deutschland im verjüngten Maassstabe. Die oben und unten mit 0° bezeichnete Linie geht durch alle Orte, welche mit München gleiche Declination haben. Die westlich von dieser mit + 1°, + 2°, + 3° u. s. w. bezeichneten Linien verbinden die Orte, an welchen die Declination beziehungsweise 1°, 2°, 3° . . . grösser ist, als für München, und ebenso gehen die mit — 1°, — 2°, — 3° . . . bezeichneten, östlich von jener verlaufenden Linien durch die Orte, an welchen die Declination beziehungsweise um 1°, 2°, 3° kleiner ist. Wenn nun die Declination für München bekannt ist, so lässt sie sich für alle übrigen auf der Karte liegenden Orte leicht bestimmen. Die Declination für München betrug im Jahre 1852 15° 40′. Nach der Karte beträgt sie also für dasselbe Jahr für die Mündung der Ems 15° 40′ + 3° 15′ = 18° 55′, welches mit der von mir in

demselben Jahre an Ort und Stelle gemachten Beobachtungen sehr gut übereinstimmt. Die Declination für München war 1. Januar 1858 = 14° 54,5′, demnach erhält man, nach der Karte, für Emden etwa 17° 54′.

Die Karte, welche den Verlauf der Isoclinen angiebt und von welcher Fig. 132 ein verjüngtes Bild ist, hat eine ähnliche Ein-

Fig. 132.

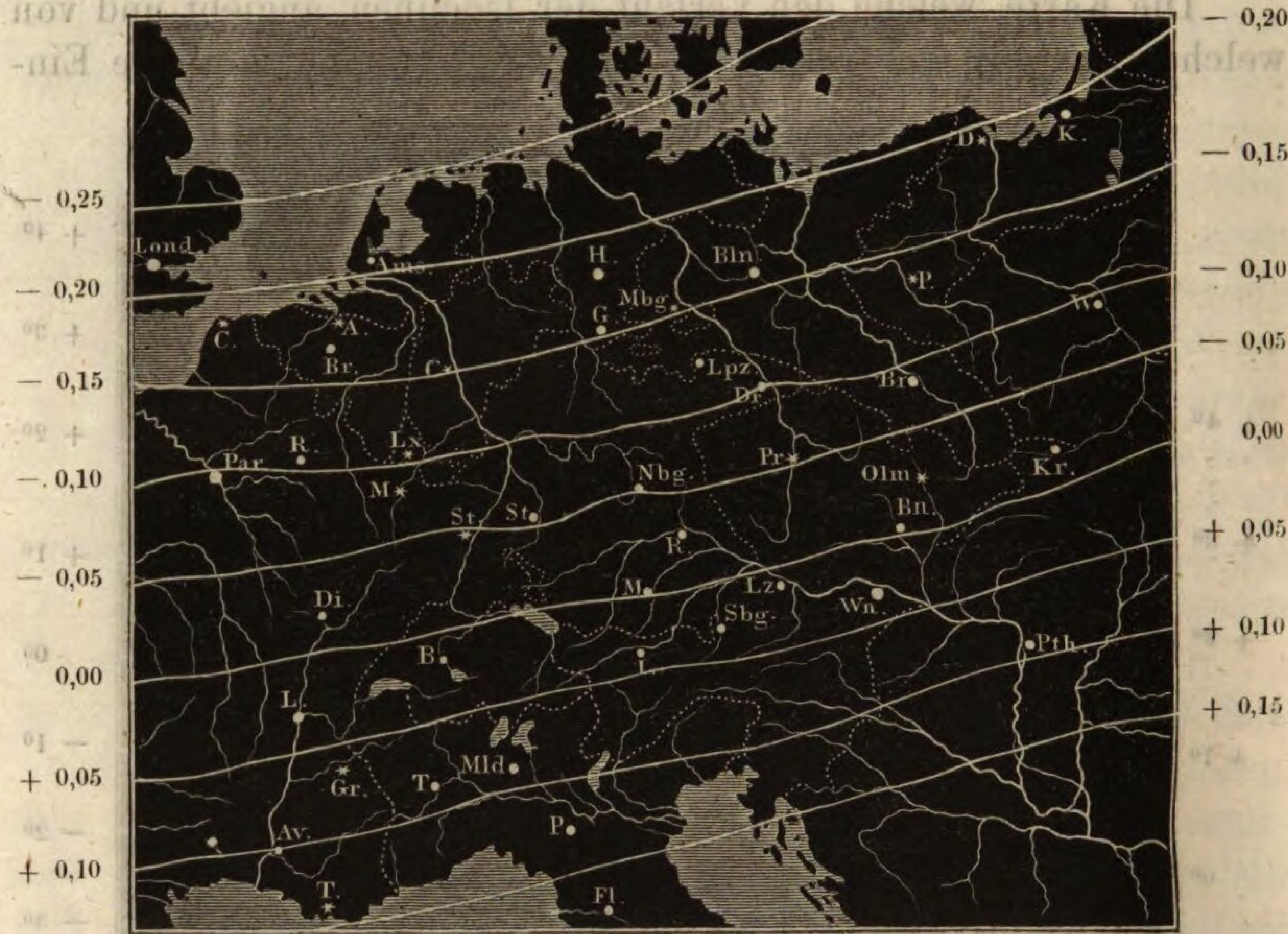


richtung. Die mit 0° bezeichnete Curve geht durch München und verbindet alle die Orte, an welchen die Inclination mit der für München übereinstimmt. Die nördlich davon liegenden, mit + 1°, + 2°, + 3° u. s. w. bezeichneten Curven führen auf die Orte, an welchen die Inclination um 1°, 2°, 3° u. s. w. grösser, die südlich von jener befindlichen, mit — 1°, — 2° bezeichneten auf die Orte, an welchen sie um 1°, 2° geringer ist. Die Inclination betrug für München im Jahre 1852 64° 54′. Nach der Karte betrug sie also in demselben Jahre für Emden 64° 54′ + 4° = 68° 54′.

Die Richtung der Curven gleicher Intensität veranschaulicht Fig. 133 (a. f. S.), auf welcher die durch München gehende Curve mit 0,00 bezeichnet ist. An den übrigen Orten ist die Intensität um die neben der Linie, auf welcher sie liegen, stehende Zahl grösser

oder kleiner. Die horizontale Intensität betrug am 1. Januar 1858 für München 1,9712.

Fig. 133.



Kreil hat eine magnetische Karte für die Küsten des adriatischen Golfs nach seinen im Jahre 1854 angestellten Messungen publicirt. (Vergl. die schon oben angeführte Schrift: Magnet. und geogr. Ortsbestimmungen.)

Die Declinationskarten von Lamont können selbst dem Feldmesser von Nutzen werden. Für die Schifffahrt ist es aber vom grössten Interesse, dass auch für die nordeuropäischen Küsten und Meere genaue magnetische Karten entworfen werden. Die bis jetzt veröffentlichten sind unter aller Kritik. Selbst auf vielen der neueren Seekarten sind die magnetischen Constanten noch nach den vor 30, ja sogar 50 Jahren gemachten Bestimmungen eingetragen. Das, was Kreil im Eingange der angeführten Schrift sagt, verdient wohl beherzigt zu werden. „Die seculare Aenderung der magnetischen Declination ist ein Gegenstand von solcher Wichtigkeit, auch für viele praktische Zwecke, namentlich für die Schifffahrt, dass sie nicht vernachlässigt werden darf, wenn die Seefahrer, selbst auf kleineren Meeren, sich nicht manchen

Verlegenheiten und Gefahren aussetzen wollen. Im Anfange dieses Jahrhunderts, wo die Magnetnadel, bei ihrer grössten westlichen Ausweichung angelangt, ihre Richtung von einem Jahre zum andern nur wenig änderte, konnte sie eher übergangen werden, als jetzt, wo die jährliche Aenderung bereits 8 bis 10 Minuten beträgt und wo bei den Fortschritten aller übrigen Behelfe der Schifffahrt eine Unsicherheit im Stande des Compasses um so greller hervortritt."

Als Beispiel der secularen Veränderung, welche die Declina- 306
tion an einem und demselben Orte im Laufe eines längern Zeitraums erleidet, welche ich durch Variation bezeichne, mögen hier die zu Paris gemachten Beobachtungen stehen.

Die Declination zu Paris war:

1580	= 11° 31′ O.	1785	= 22° 0′ W.
1618	= 8° 0′ „	1805	= 22° 6′ „
1663*)	= 0° 0′ „	1813	= 22° 18′ „
1678	= 1° 30′ W.	1814	= 22° 34′ Max.
1700	= 8° 10′ „	1825	= 22° 17′ W.
1767	= 19° 16′ „	1850	= 20° 35,8′ „
1780	= 19° 55′ „	1858	= 19° 36,1′ „

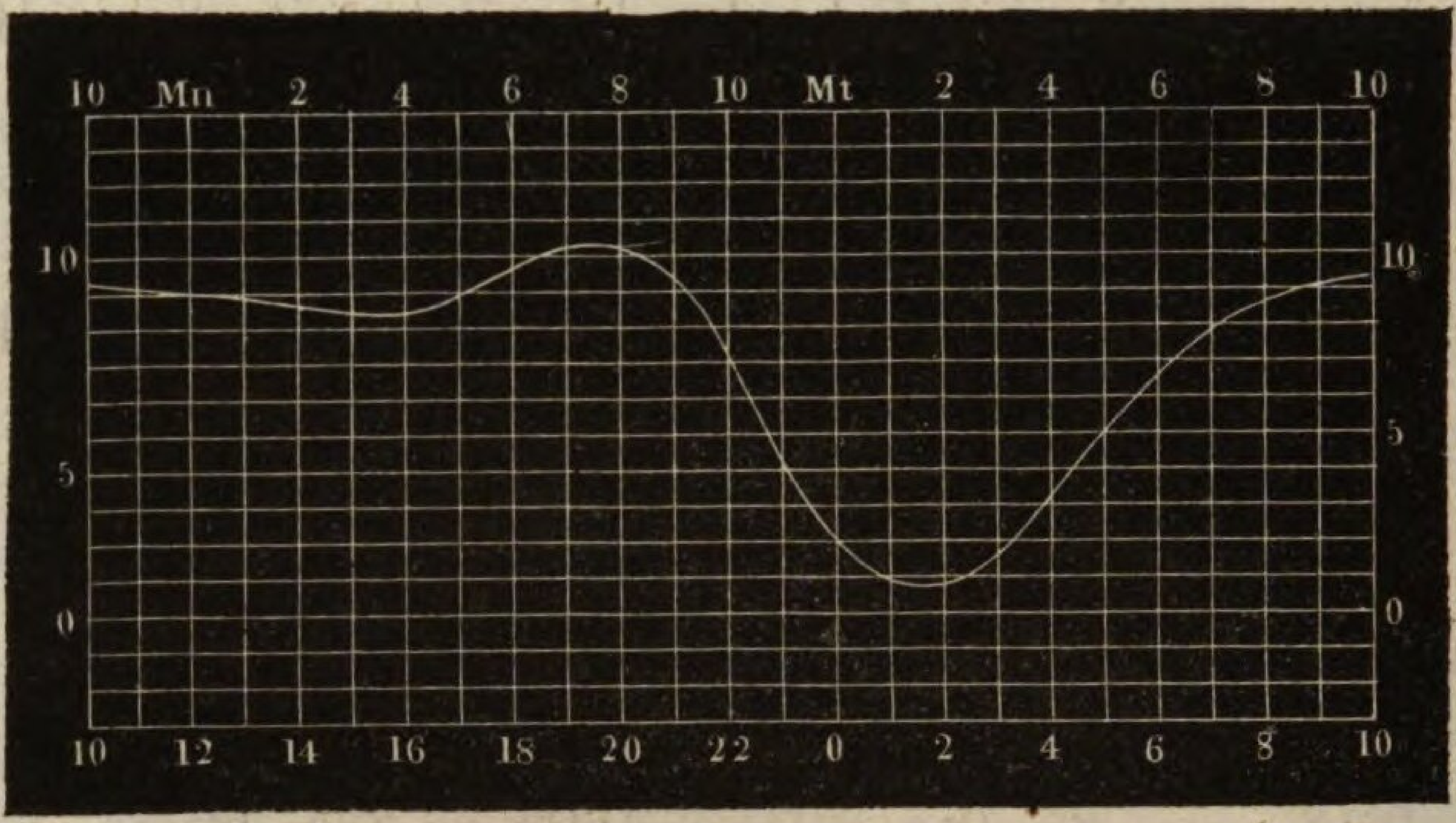
Nicht minder wichtig, wie die Kenntniss der Variation, ist 307
die der täglichen Veränderung der Declination für die, welche mit der Boussole, oder dem Compasse arbeiten.

Die neueren Beobachtungen der täglichen Variation der magnetischen Declination mittelst des Magnetmeters, welche von Gauss, Kreil u. A. angestellt sind, haben ergeben, dass das Nordende der Nadel für die auf der nördlichen Hemisphäre unseres Erdballs liegenden Orte ungefähr um 8½ Uhr beginnt sich gegen Westen hin, für die in der südlichen Hemisphäre liegenden aber sich gegen Osten hin zu drehen, was ungefähr bis 1½ Uhr nach Mittag dauert. Von da an, um 1½ oder 2 Uhr, wenn also die Sonne nach Westen geht und gegen Abend steht, beginnen die Nadeln den umgekehrten Gang. Den mittleren täglichen Gang

*) Der Navigationslehrer Anhaltin bestimmte zu Amsterdam die Abweichung der Magnetnadel am 23. März 1657. Er fand dieselbe nahe 2° Nordostring. (*Anhaltin, Slot en Sleutel van de Navigation. Amsterd.* 1659. 4°.) Auf Seite 57 bis 59 findet man in diesem Buche eine Zusammenstellung der bis 1657 beobachteten und dem Verfasser bekannt gewordenen Abweichung für 220 Orte im atlantischen und grossen Ocean.

dieser täglichen Variation der Declinationsnadel für Göttingen zeigt der Verlauf der Curve in Fig. 134. Die Abscissen sind der

Fig. 134.



Zeit, die Ordinaten der Variation der Declination proportional. Der Abstand zweier Verticalstriche entspricht einem Zeitintervall von einer Stunde, der Abstand zweier Horizontallinien deutet eine Winkeldifferenz von 1 Minute an; die Zahlen am obern Rande des Netzes beziehen sich auf die nach bürgerlicher, die am untern auf die nach astronomischer Weise gezählten Tagesstunden.

Der Winkel, welchen die Nadel auf die angegebene Weise täglich beschreibt, ist nicht in allen Monaten derselbe. Er ist in den Sommermonaten grösser, als in den Wintermonaten. Der Mittelwerth der täglichen Bewegung beträgt vom April bis zum September 13 bis 15, vom October bis zum März hingegen nur 8 bis 10 Minuten. Es giebt aber Tage, an denen sie 25, und andere, an denen sie nur 5 bis 6 beträgt. Ebenso ist die Variation an allen Orten von grösserer Breite viel grösser, als in den nahe am Aequator gelegenen, und in Binnenländern ist sie bedeutender, als auf Inseln. Nach Kreil ergiebt sich ferner:

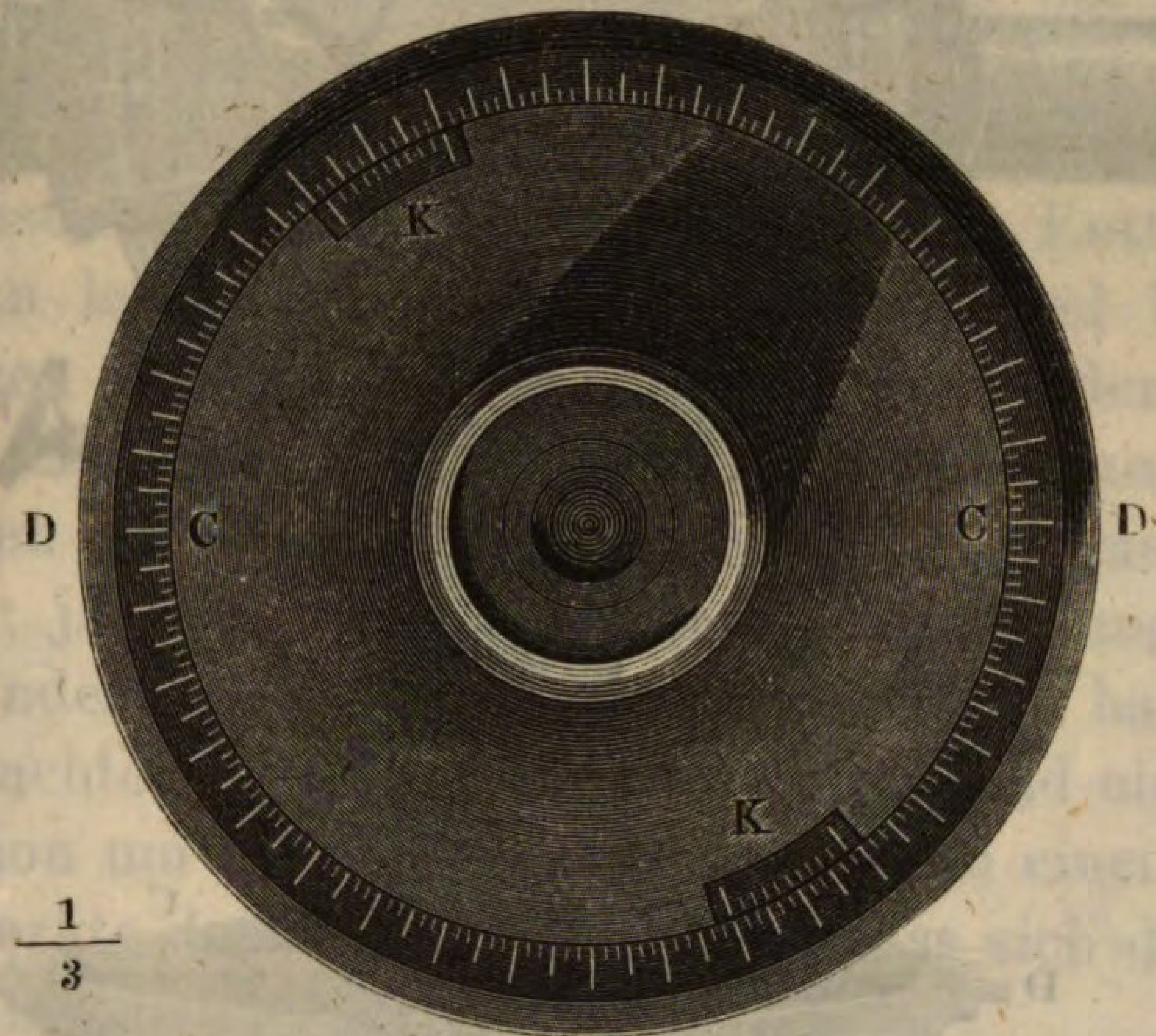
1. In den Wintermonaten giebt es zwei Maxima und zwei Minima für die Abweichung, während im Sommer nur ein Maximum eintritt.

2. Eins der grössten Maxima ist das ganze Jahr hindurch das um 1 oder 2 Uhr Nachmittags, das zu diesem gehörende Minimum ist im Sommer um 6 Uhr, im Winter um 8 und 9 Uhr Morgens.

3. Das zweite Maximum des Winters ist bald nach Mitternacht, dessen Minimum in den späteren Abendstunden.

Die Bestimmung des Azimuths der Mire geschieht mittelst 308
des oben S. 14 beschriebenen, in Figur 11 dargestellten Theodoliten. Die perspectivische Zeichnung des Theodoliten, Figur 11, veranschaulicht das Instrument seinem Totaleindrucke nach. Die hier folgende Fig. 135 ist das Bild des Limbus und der Alhidade

Fig. 135.

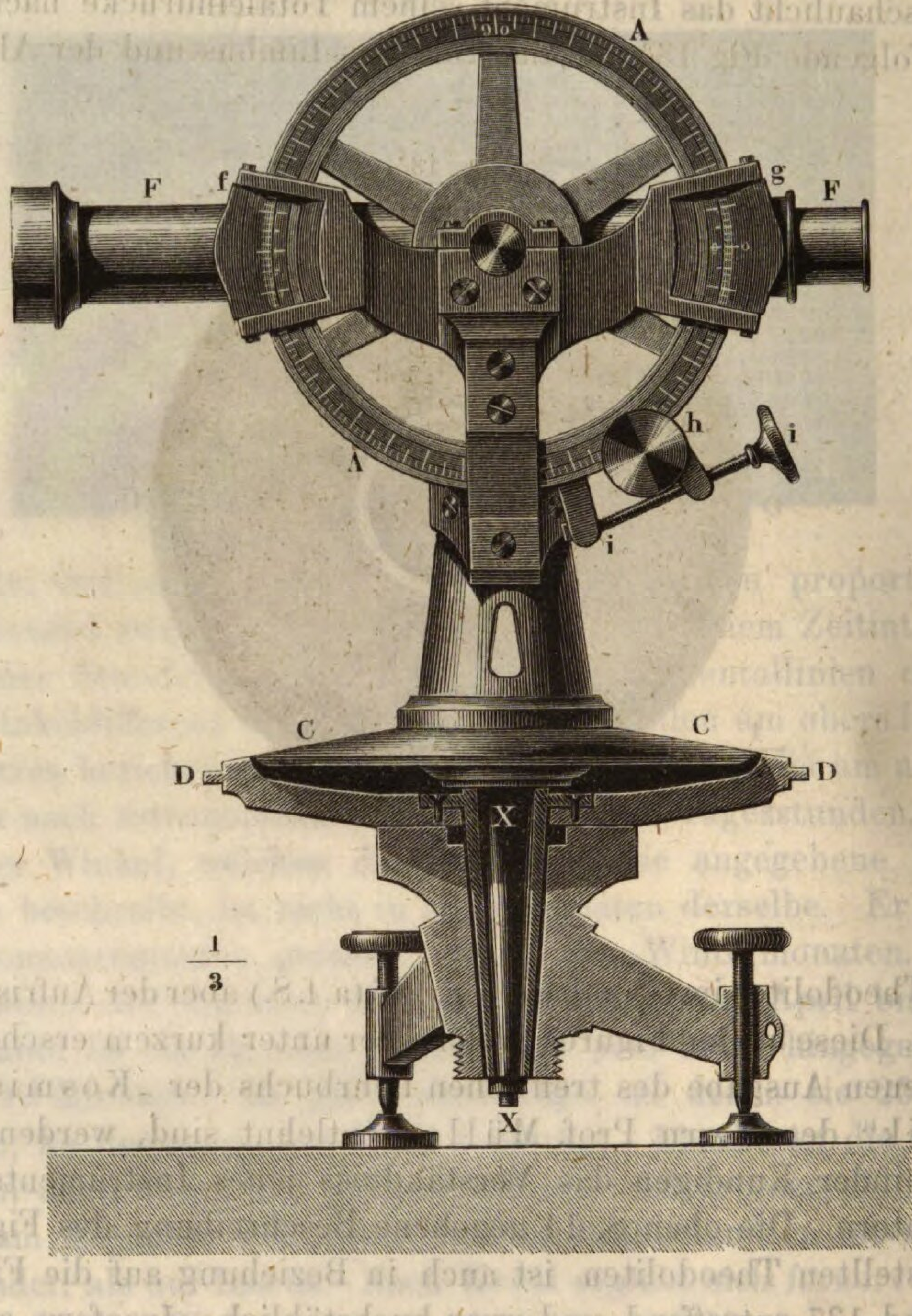


jenes Theodoliten im Grundriss, Fig. 136 (a. f. S.) aber der Aufriss desselben. Diese beiden Figuren, welche der unter kurzem erscheinenden neuen Ausgabe des trefflichen Lehrbuchs der „Kosmischen Physik“ des Herrn Prof. Müller entlehnt sind, werden auch den minder Kundigen das Verständniss jenes Instruments sehr erleichtern. Die oben S. 14 gegebene Beschreibung des Figur 11 dargestellten Theodoliten ist auch in Beziehung auf die Figuren 136 und 137 zutreffend, und zwar buchstäblich. Insofern es also noch einer Erklärung dieser letzteren Figuren bedürfte, so ist S. 14 nachzulesen.

Schliesslich muss hier noch der unregelmässigen temporären 309
Störungen gedacht werden, welche die Richtung der Magnetnadel ändern und die Regelmässigkeit der täglichen Variation beeinträchtigen. Jedem, der mit einer Boussole längere Zeit gearbeitet hat, ist bekannt, dass wenn die Luft sehr elektrisch ist, die Nadel ins Schwanken geräth. Dass dieses keine so gar seltene Erschei-

nung ist, geht daraus hervor, dass, um diesen Zustand der Nadel zu bezeichnen, ein eigener Kunstausdruck vorhanden ist, indem

Fig. 136.



man sagt „die Nadel wird unruhig.“ An warmen Sonnentagen, wenn der Compass, oder die Boussole längere Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, wird auch wohl das die Büchse bedeckende Glas elektrisch, zieht dann die Nadel an, und diese klebt so zu sagen am Glase. Diesem Umstande kann man indess dadurch leicht abhelfen, dass man die Glasscheibe befeuchtet, oder nur eben mit einem feuchten Tuche bedeckt.

Am stärksten wirkt aber das Nordlicht auf die Magnetnadel. Erscheint ein solches am Himmel, so wird die Magnetnadel ebenfalls unruhig, d. h. sie macht kleine, schnell auf einander folgende Oscillationen, schwankt, bebt und zittert, zugleich erleidet sie eine bedeutende Ablenkung. Die Ursache dieser Störung bezeichnet A. v. Humboldt als magnetisches Ungewitter, die durch letzteres hervorgerufenen Erscheinungen nannte man in der französischen Seesprache ein Vernarrtsein der Nadel, *l'affolement de l'aiguille*. Das Nordlicht äussert seine Wirkung aber nicht allein auf die Magnetnadeln, welche sich an Orten befinden, wo es sichtbar ist, sondern noch in der weitesten Entfernung, selbst da, wo man keine Spur desselben am Himmel bemerkt. Die Schwankungen der Nadel sind aber hierbei in der Regel um so stärker, je näher sich eine solche der Erscheinung befindet. — Ebenso haben Erdbeben und vulcanische Eruptionen auf die Nadel Einfluss; ja man will bei solchen Erscheinungen eine bleibende Veränderung in ihrer Lage beobachtet haben. D. Bernouilli beobachtete im Jahre 1767, dass während eines Erdbebens die Inclination um 1/2 Grad abnahm, und bei einer Eruption des Vesuvs bemerkte der Pater de la Torre, dass sich die Abweichung der Nadel um mehrere Grade änderte.

IV. Bestimmung der geographischen Länge.

An allen Orten, welche unter einem und demselben Meridian 310
liegen, culminirt auch die Sonne in einem und demselben Augenblicke, folglich stimmen auch die von Mittag, oder Mitternacht an gezählten Zeiten an allen diesen Orten überein. Alle weiter östlich liegenden Orte haben ihren Mittag und alle übrigen von da aus gezählten Zeiten früher, alle westlich liegenden Orte aber später. Lassen sich daher die Zeiten ermitteln, welche zwei verschiedene Orte in demselben Augenblicke zählen, so ist in dem Unterschiede der Zeiten für diese beiden Orte auch ihr Längenunterschied gegeben. Der Längenunterschied zweier Orte ist nämlich dem in Bogen verwandelten Unterschiede der für einem und denselben Augenblick an beiden Orten bestimmten Ortszeiten gleich. Weiss ein Beobachter z. B., dass in demselben Augenblicke, in welchem seine Ortszeit 4^h P. M. ist, an irgend einem

andern Orte gerade 0^h oder Mittag ist, so weiss er dadurch auch, dass der Ort, an welchem er sich befindet, auf einem Meridiane liegt, welcher $4 \times 15^0 = 60^0$ östlich von dem Meridiane des letzten Ortes entfernt ist. Es müssen nämlich bis dahin, dass die Sonne zum Meridian jenes Orts gelangt, noch vier Stunden verfliessen. Wüsste er zu einer andern Zeit, dass, während seine Ortszeit 11^h A.M. ist, die Zeit an einem andern Orte 2^h P.M wäre, so wäre ihm damit zugleich bekannt, dass er sich um $3 \times 15^0 = 45^0$ westlich von jenem Orte befände. Die Aufgabe, den Unterschied der Länge des Orts, an welchem sich der Beobachter gerade befindet, von irgend einem andern Orte, also auch von dem, für welchen die Ephemeride, deren er sich bedient, berechnet ist, zu bestimmen, ist damit auf die zurückgeführt, die Zeiten zu bestimmen, welche beide Orte in einem und demselben Augenblicke zählen.

Das Verfahren, durch welches die Ortszeit bestimmt wird, ist schon im Voranstehenden ausführlich erörtert. Es ist daher noch übrig, zu zeigen, wie man zur Kenntniss der Zeit gelangt, die in einem gegebenen Augenblick unter einem andern Meridian, sei dieses der für Greenwich, Paris oder Berlin, gezählt wird.

311 Mittel, durch welche man an jedem beliebigen Orte, für einen Augenblick bestimmen kann, was eine richtig gehende Uhr in Greenwich, Paris u. s. w. zeigen würde, sind:

1. Die Beobachtung solcher Erscheinungen am Himmel, die sich für alle Orte auf der Erde, von welchen aus sie überhaupt wahrgenommen werden können, in einem und demselben Augenblicke ereignen. Zu diesen gehören die Mondfinsternisse, die Verfinsterung der Jupitertrabanten und mehre andere.
2. Die Chronometer.
3. Die Beobachtung der Winkeldistanz zwischen dem Monde, der Sonne und gewissen anderen Sternen.

312 Die Bestimmung der Zeit durch Beobachtung der Mondfinsternisse, oder der Verfinsterung der Trabanten des Jupiter sind für den Seemann, sowie für Reisende überhaupt, von wenig Belang. Die Mondfinsternisse ereignen sich zu selten, zur genauen Bestimmung des Augenblicks der Verfinsterung der Jupitertrabanten aber sind sehr kräftige Fernröhre erforderlich; überdies ist die gehörige Aufstellung und Handhabung dieser letzteren am Bord eines Schiffes unzulässig.

1. Längenbestimmung durch Chronometer.

Mit einem Chronometer ist das einfachste Mittel gegeben, 313
durch welches man in jedem Augenblicke die Zeit des Hauptmeridians kennen lernen kann. Unter der Voraussetzung nämlich, dass für irgend eine gegebene Zeit der Stand des Chronometers gegen die Zeit des Hauptmeridians und zugleich sein täglicher Gang bekannt ist, lässt sich durch eine höchst einfache Rechnung die Zeit des Hauptmeridians finden. Wird dann neben jener die Ortszeit durch Beobachtung bestimmt, so erhält man in dem Unterschiede beider Zeiten die Längendifferenz.

Das angedeutete Verfahren selbst gliedert sich wie folgt. 314

1. Man beobachtet verschiedene Höhen der Sonne, oder eines andern Gestirns, zeichnet die Zeit der Beobachtungen nach dem Chronometer auf und berechnet das Mittel aus diesen. Es ist schon oben darauf hingewiesen, dass die Beobachtungen, wenn sie zur genauen Bestimmung der Zeit dienen sollen, dann angestellt werden müssen, wenn sich der Himmelskörper in der Nähe des ersten Verticals befindet. Ist dieses nicht ausführbar, so darf der Stundenwinkel wenigstens nicht kleiner als 3^h sein.

2. Man vergewissert sich durch das Tagebuch des ursprünglichen Fehlers des Chronometers, d. i. des Zeitbetrags, um welchen letzteres in dem Meridian des Ortes, an welchem sein täglicher Gang zuletzt bestimmt wurde, an einem bestimmten Tage von der mittlern Zeit differirte. Diesen ursprünglichen Fehler fügt man dem Mittel der Beobachtungszeiten bei, und zwar additiv, wenn das Chronometer zu spät, subtractiv, wenn es zu früh zeigte.

3. Setzt man zu der zuletzt gefundenen Summe die angehäuften Fehler, und zwar additiv, wenn das Chronometer retardirt, subtractiv, wenn es accelerirt. Den angehäuften Fehler erhält man, wenn man den täglichen Gang des Chronometers mit der Zahl der seit Bestimmung des ursprünglichen Fehlers verflossenen Tage multiplicirt.

Das Aggregat aus dem Mittel der Beobachtungszeiten, dem ursprünglichen und dem angehäuften Fehler ist die mittlere Zeit des Meridians, an welchem sein ursprünglicher Fehler und sein täglicher Gang festgestellt wurde. Ist dieser Meridian nicht der, für welchen die Ephemeriden berechnet sind, deren man sich be-

dient, so verwandelt man seine Länge in Zeit und addirt diese zur gefundenen Zeit, wenn er westlich, subtrahirt sie aber davon, wenn er östlich vom Meridian der Ephemeride liegt.

4. Man bestimmt durch die Breite des Beobachtungsorts, die wahre Höhe des beobachteten Himmelskörpers, die reducirte Declination und Zeitgleichung, die mittlere Zeit für den Ort der Beobachtung.

5. Bestimmt man die Länge. Sie ist gleich der Differenz zwischen der Ortszeit und der durch das Chronometer bestimmten Zeit des Hauptmeridians. Die Länge ist östlich, wenn die Zeit am Beobachtungsorte grösser, westlich, wenn sie kleiner als die Zeit des Hauptmeridians ist.

315 Beispiel. A. v. Humboldt machte auf seiner Reise von Europa nach Cumana in Südamerika folgende Beobachtungen.

1799 den 8. Mai war zu Madrid der Mittag am Chronometer $= 11^h\ 58'\ 1{,}6''$. Am 21. Mai kam der Reisende in Coruña an, dem Hafen, wo er sich einschiffen musste. Während dieser Landreise verspätete sich die Uhr täglich $5{,}4''$. Am 16. Juli landete er in Cumana; auf der Seereise betrug die tägliche Verspätung der Uhr $4{,}4''$. Aber erst am 28. Juli konnte A. v. Humboldt ein Paar Sonnenhöhen messen, um hiernach aufs Neue den Gang seines Chronometers zu erforschen; er wurde zu $7''$ täglicher Verspätung gefunden.

Aus der Zusammenstellung dieser Beobachtungen ergiebt sich nun:

Verspätung zu Madrid am 8. Mai Mittags	$1^m\ 58^s{,}4$
13 Tage von Madrid nach Coruña, à $5^s{,}4$	$1^m\ 10^s{,}2$
56 Tage von Coruña nach Cumana, à $4^s{,}4$	$4^m\ 6^s{,}4$
Verspätung vom 16. bis 28. Juli, 5 Uhr Abends, à 7^s	$1^m\ 25^s{,}5$
Verspätung am 28. Juli, 5 Uhr Abends zu Madrid .	$8^m\ 40^s{,}5$
Für diese Zeit wurde die Voreilung zu Cumana gefunden	$3^h\ 53^m\ 14^s{,}3$
Daher Cumana westlich von Madrid	$4^h\ 1^m\ 54^s{,}8$
Zeitunterschied zwischen Madrid und Paris	$+\ 24^m\ 9^s$
Cumana westlich von Paris	$4^h\ 26^m\ 3^s{,}8$
Nach den Finsternissen der Jupitertrabanten . . .	$4^h\ 26^m\ 6^s$.

Diese beiden Bestimmungen weichen nur 2^s in Zeit, oder $30''$ in Bogen von einander ab.

2. Längenbestimmung durch Monddistanzen.

Die Bestimmung der Länge durch Chronometer ist einfach 316
und bequem. Weil aber der Gang des Chronometers sehr leicht Störungen unterworfen ist, so ist jede Methode, durch welche die Länge ohne Chronometer bestimmt werden kann, vom grössten Werth, zumal da man dadurch im Stande ist, den Stand und Gang des Chronometers selbst zu prüfen. Eine solche Methode ist die unter dem Namen „Bestimmung der Länge durch Monddistanzen" bekannte. Diese ist um so vorzüglicher, als sich am Lande, wie auch auf See bei heiterm Himmel, die Zeit des Neumondes ausgenommen, immer Gelegenheit darbietet, die Winkelabstände des Mondes von der Sonne, von den grösseren Planeten, oder hellglänzenden Fixsternen messen zu können.

Von den Planeten sind es Venus, Mars, Jupiter und Saturn; von den Fixsternen α Arietis, Aldebaran, Pollux, Regulus, Spica Virginis, Antares, Atair oder α Aquilae, Fomalhaut und α Pegasi oder Markab, welche bei diesen Messungen der Angulardistanzen in Betracht kommen.

Die auf die Bestimmung der Länge durch Monddistanzen ge- 317
richtete Arbeit gliedert sich auf folgende Weise:

1. Das erste ist die Messung selbst.

2. Wird aus dem mit einem Sextanten, oder Reflexionskreise gemessenen Winkel, welcher den Abstand des Mondes von der Sonne, oder einem der soeben genannten Gestirne angiebt, und dessen Scheitelpunkt natürlich mit dem Orte der Beobachtung an der Oberfläche der Erde zusammenfällt, die geocentrische Lunardistanz abgeleitet. Letzteres ist der Winkel, unter welchem ein im Mittelpunkte der Erde befindlicher Beobachter die Mittelpunkte der beiden Gestirne im Augenblicke der Beobachtung sehen würde. Von einem Punkte der Oberfläche der Erde aus gesehen, erscheint nämlich in Folge der Einwirkung der Parallaxe und Refraction der Mond niedriger, die anderen Himmelskörper aber höher, als vom Mittelpunkte der Erde aus gesehen.

Die Formeln, nach welchen aus der Distanz und den mit ihr zugleich gemessenen Höhen die geocentrische Distanz berechnet wird, sind oben §. 69 u. s. w. abgeleitet.

3. Bestimmt man aus der geocentrischen Distanz die dazu

gehörige Zeit am Orte der Ephemeride. Der Nautical Almanac, die astronomischen Jahrbücher, so wie die nautischen Ephemeriden enthalten zu diesem Zwecke für die einzelnen Tage des Jahres von 3 zu 3 Stunden mittlere Zeit die Abstände des Mondes von den oben genannten Himmelskörpern. Die letzteren sind hierbei so geordnet, dass für jeden Tag zuerst der aufgeführt ist, welcher den grössten westlichen Abstand vom Monde hat, die übrigen aber in ihrer natürlichen Ordnung von Westen nach Osten hin gezählt folgen.

4. Aus einer der gleichzeitig mit der Distanz der Himmelskörper gemessene Höhe derselben bestimmt man die mittlere Zeit am Beobachtungsorte.

5. Berechnet man den Unterschied zwischen der Ortszeit und der zur geocentrischen Distanz gehörenden Zeit. Dieser Rest ist der in Zeit ausgedrückte Längenunterschied zwischen dem Orte der Beobachtung und dem Meridian der Ephemeride.

a. Die Beobachtung.

318 Zu der Messung der Grössen, welche bei Bestimmung der Länge bekannt sein müssen, sind eigentlich vier Beobachter erforderlich. Der erste Beobachter, der geübteste, misst den Abstand der nächsten Ränder des Mondes, der zweite die Höhe der Sonne oder des Sterns, der dritte die Mondhöhe, der vierte beobachtet die Uhr, und zeichnet neben der Zeit auch die Beobachtungen auf.

Die Beobachtungen werden nach Verlauf kleiner auf einander folgender Zeitabschnitte in gleicher Weise vier- bis fünf Mal wiederholt.

Bei allen Observationen ist zuvörderst das Ocularrohr des Fernrohrs durch Ausziehen, oder Einschieben so einzustellen, dass das Bild möglichst scharf begrenzt und klar erscheint. Bei Nacht richtet man zu diesem Zwecke das Fernrohr auf einen Stern, und verschiebt die Ocularröhre, bis der Stern möglichst klein und hell gesehen wird.

Der die Höhe des Mondes messende Beobachter hat, um eine richtige Höhe zu erhalten, bevor er die Messung ausführt, wohl zu erwägen, ob die Höhe des obern oder untern Mondrandes bestimmt werden muss. Ein Blick auf die Lage des jeweilig erleuchteten Theils der Mondscheibe wird ihn hierüber belehren.

Um die Zeit des Vollmonds, wenn die Mondscheibe dem Auge fast ganz rund erscheint, ohne dieses zu sein, kann sich bei der Distanzmessung wohl der Fehler einschleichen, dass die Distanz von dem abgeflachten Rande ausgehend gemessen wird. In diesem Falle muss man sich durch die Ephemeride zuvörderst über die genaue Zeit des Vollmonds Gewissheit verschaffen.

Den Seefahrern dürfte zu empfehlen sein, dass sie sich nicht bloss auf die Messung von Distanzen zwischen Mond und Sonne beschränken, sondern auch jede Gelegenheit benutzen, welche sich als günstig für die Observation des Abstandes des Mondes von den geeigneten, in der Ephemeride aufgeführten Planeten und Fixsterne ausweisst. Ebenso, dass sie nicht versäumen, so oft es angeht, Angulardistanzen von Sternen zu messen, von welchen der eine westlich, der andere östlich vom Monde steht. Wenn nämlich in einem solchen Falle der zwischen zwei solchen Observationen liegende Zeitunterschied nur gering ist, so wird jedes der aus ihnen abgeleiteten Resultate zur Controle des andern dienen.

Bei Messung des Abstandes des Mondes von einem Sterne wird das Fernrohr auf den Stern, als das lichtschwächere Object, gerichtet; direct gesehen, wird jeder Stern deutlicher erkannt als reflectirt. Steht hierbei der Mond zur Linken, so wird der Sextant so gehalten, dass seine Vorderfläche nach unten gekehrt ist.

Eine andere, für die Praxis nicht minder wichtige Regel bei diesen Distanzmessungen ist die, dass man die Berührung nicht durch stetige Bewegung der Mikrometerschraube herstellt, sondern das Instrument durch die gehörige Bewegung der Alhidade so einstellt, dass das durch Reflexion gesehene Bild etwas über das direct gesehene weggreift, im andern Falle aber etwas davon entfernt ist, und dann den Augenblick der Berührung des Mondrandes abwartet. Auf erstere Weise, welche Fig. 137 und 138

Fig. 137.

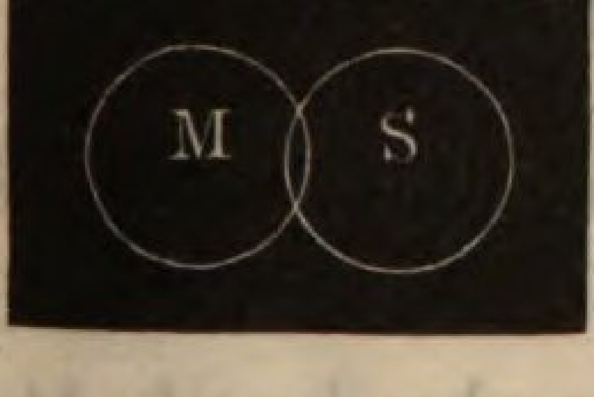


Fig. 138.



Fig. 139.

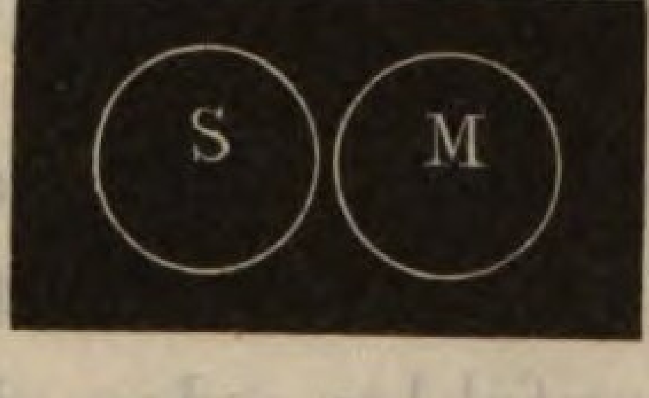


Fig. 140.



verdeutlicht, stellt man die Bilder ein, wenn der Mond östlich von der Sonne oder dem Sterne steht und der Abstand der nächsten Ränder gemessen werden soll, oder auch wenn er westlich steht, die Beobachtung aber auf die entfernten Ränder gerichtet

ist. Steht aber der Mond westlich von der Sonne oder dem Sterne und soll hier der Abstand der nächsten Ränder gemessen werden, so bringt man die Bilder im Focus des Fernrohrs in die Lage, welche Fig. 139 und 140 (a. vor. S.) zeigt. Dasselbe geschieht wenn der Mond zwar östlich steht, aber der Abstand der entfernten Ränder gemessen werden soll.

Um das Bild der Sonne mit dem Monde, oder das des Mondes mit dem Sterne auf die oben angegebene Weise, wenigstens näherungsweise, zusammenzubringen, werden alle, welche sich noch keine besondere Uebung im Observiren erworben haben, wohlthun, wenn sie das Fernrohr aus seinem Ringe herausschrauben, und dann, durch den Ring visirend, durch die gehörige Bewegung der Alhidade die beabsichtigte Einstellung beschaffen. Wenn dieses erreicht ist, so wird die Alhidade durch die Bremsschraube festgestellt, und das Fernrohr wieder in den Ring geschroben. Hierauf werden die Bilder im Focus des Fernrohrs durch die Mikrometerschraube in die gehörige Lage gebracht.

Für den Anfänger dürfte auch die Bemerkung nicht überflüssig sein, dass der Sextant so gehalten werden muss, dass die Bilder der beiden Gestirne, deren Abstand gemessen werden soll, in der Mitte des Vierecks gesehen werden, welches von den im Focus des Fernrohrs ausgespannten Fäden gebildet wird.

b. Die Rechnung.

Beispiel. Am 14. September 1850 wurden in der Nähe von Emden, am Ufer des Dollart, behuf Bestimmung der Länge Observationen gemacht. Als Mittel aus denselben ergab sich

die Zeit	$= 5^h\ 51^m\ 37{,}3^s$ P. M.
die Distanz der nächsten Ränder	$= 104^0\ 49'\ 10''$
die Höhe des Unterrandes der Sonne . .	$= 3^0\ 15'\ 50''$
die Höhe des Unterrandes des Mondes .	$= 14^0\ 12'\ 20''$.

Die Höhen der Sonne und des Mondes wurden mit Octanten, die Distanzen mit einem Sextanten beobachtet. Beide Octanten hatten keinen Indexfehler, der des Sextanten wurde durch Messung des horizontalen Durchmessers der Sonne $= -1'$ gefunden. Augenhöhe über dem Wasserspiegel $= 7\frac{1}{2}$ Fuss rheinl., Barometerstand $= 30''\ 2{,}25'''$ engl., Stand des Thermometers am Barometer $= 14^0$ R., Temperatur der Luft $= 12^0$ R., Entfernung

der Kimme = 4 Seemeilen. Nach der Richtung hinaus, wo der Mond stand, war die Kimm 4½ Seemeilen entfernt.

Die Rechnung selbst zerfällt in fünf Haupttheile. — 1. Muss man aus den durch Beobachtung gefundenen Höhen der Sonne und des Mondes die scheinbaren und wahren Höhen ableiten, und ebenso muss man aus der durch Observation gefundenen Distanz die scheinbare Distanz berechnen.

2. Berechnet man aus der scheinbaren Distanz und den scheinbaren und wahren Höhen die wahre Distanz.

3. Bestimmt man die zur wahren Distanz gehörende Greenwicher Zeit.

4. Berechnet man die mittlere Ortszeit.

5. Leitet man aus der Greenwicher und Ortszeit die Länge ab.

A. Berechnung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes der Sonne.

Mittel der beobachteten Höhe des Unterr. der ⊙		= 3° 15′ 50″
Indexfehler		= 0
Verbesserte ⊙		= 3° 15′ 50″
Kimmtiefe		= 2′ 30″
Scheinbare Höhe der ⊙ . .		= 3° 13′ 20″
Halbmesser der ⊙	= 15′ 56″	
Correct. für 3° 13′ (Taf. XIV.) . .	= — 42,2	
Scheinbarer Halbmesser	= 15′ 13,8 . .	15′ 13,8″
Scheinbare Höhe des Mittelpunktes der Sonne .		= 3° 28′ 33,8″
Mittlere Refraction	= 12′ 52,3″	
Mittlere Refraction, Temperatur (Tafel X.) . . .	— 20,0″	
Corrigirte Refraction, Barometer (Tafel XI.) . .	+ 15,4″	
Parallaxe (Tafel XII.)	+ 9	
Refraction + Parallaxe	12′ 56,7″ . .	12′ 56,7″
Wahre Höhe des Mittelpunktes der ⊙		= 3° 15′ 37,1″.

B. Berechnung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes des Mondes.

Zeit der Beobachtung	= $5^h\,51^m\,37^s$
Emden östl. v. Greenw.	= $0^h\,28^m\,52^s$
Zeit zu Greenwich .	= $5^h\,22^m\,45^s$.

Mittel der beobachteten Höhen des ☾		$= 14^0\,12'\,20''$
Indexfehler 0, Kimmtiefe (Tafel VIII. b.)		$-\ 2'\,30''$
Scheinbare Höhe des Unterrandes des ☾		$= 14^0\ \ 9'\,50''$
Halbm. des Mondes am 14. Sept. . 0^h	$= 14'\,52{,}2''$	
Halbm. des Mondes am 14. Sept. . 12^h	$= 14'\,49{,}3''$	
Veränderung in 12^h	$= -\ 3''$	
Prop. Theil für $5^h\,22^m\,45^s$	$= -\ 1{,}2''$	
Halbmesser am 14. Sept. $5^h\,22^m\,45^s$	$= 14'\,51''$	
Correction (Tafel XIV.) = — 4,0 ; Correction (Tafel XV.) = + 3,9 . .	$-\ 0{,}1''$	
Scheinbarer Halbmesser	$14'\,50{,}9''$	$14'\,50{,}9''$
Scheinbare Höhe des Mittelpunktes des Mondes .		$= 14^0\,24'\,40{,}9''$.
Mittlere Refraction	$3'\,41{,}0''$	
Correction (Taf. X.) Mittlere Refraction, Temperatur	$-\ 4{,}6''$	
Correction (Taf. XI.) Mittl. Refr. + 1. Corr., Barometer	$+\ 4{,}6''$	
Refraction	$3'\,41{,}0''$	$3'\,41{,}0''$
Scheinbare Höhe — Refraction		$= 14^0\,21'\ \ 0''$
Hor. Aeq. Parall. am 14. Sept. 0^h .	$= 54'\,34{,}3''$	
Hor. Aeq. Parall. am 14. Sept. 12^h .	$= 54'\,23{,}6''$	
Veränderung in 12^h	$-\ 10{,}7''$	
Prop. Theil für $5^h\,22^m\,45^s$	$-\ \ 4{,}7''$	
Hor. Aeq. Parall. am 14. Sept. $5^h\,22^m\,45^s$	$= 54'\,29{,}6''$.	

Das vom Südpunkte an gezählte Azimuth des Mondes ist $= 103^0\,20'$.

Scheinb. Höhe — Refract.	$14^0\,21'\ \ 0''$		$14^0\,21'\ \ 0''$
Azim. $103^0\,20'$, Breite $53^0\,21'$ — Taf. XVIII.	$-\ 2''$		
Scheinb. geoc. Höhe	$14^0\,20'\,58''$	*log. cos.* . . . $= 9{,}98623$	
Horiz. Aeq. Parall.	$54'\,29{,}6''$		
Parall. $54'\,29''$, Breite $53'\,21''$ — Taf. XIX.	$-\ 6{,}6''$		
Horiz. Parall. für den Beobachtungsort . .	$54'\,23''$	*log.* $= 3{,}51362$	
		log. $(P\,cos.\,h) = 3{,}49985$	
		$P\,cos.\,h = p =\ \ 3161 =$	$52'\,41''$
Wahre Höhe des Mittelpunktes des Mondes			$15^0\,13'\,41''$.

C. Bestimmung der mittleren Zeit und des Standes der Uhr für den Augenblick der Beobachtung durch die Höhe der Sonne.

φ . . . =	53° 21′ 0″	*Cpl.log.cos.* =	0,224080
δ . . . =	3° 22′ 20″	*Cpl.log.cos.* =	0,000753
$Z=\varphi-\delta=$	49° 58′ 40″		
z . . . =	86° 44′ 23″		
$z+Z$. =	136° 43′ 3″ $^1/_2(z+Z)$ = 68° 21′ 31,5″	*log. sin.* . . =	9,968254
$z-Z$. =	36° 45′ 43″ $^1/_2(z-Z)$ = 18° 22′ 51,5″	*log. sin.* . . =	9,498768
		log. sin. $^1/_2 t^2$ =	19,691855
Wahre Zeit	5^h 56^m 16^s	*log. sin.* $^1/_2 t$ =	9,845927
Reducirte Zeitgleichung	— 4^m $31{,}3^s$		
Mittlere Zeit	5^h 51^m $44{,}7^s$		
Uhrzeit	5^h 51^m $37{,}3^s$		
Die Uhr ist zurück	$7{,}4^s$	hinter mittlerer Zeit.	

D. Bestimmung der wahren Distanz der Mittelpunkte von Mond und Sonne.

Gemessene Distanz =	104° 49′ 10″		
Indexfehler =	— 1′ 0″		
Verbesserte gem. Distanz . . =	104° 48′ 10″		
Verbesserter Halbmesser der ☉ =	15′ 55″		
Verbesserter Halbmesser des ☾ =	14′ 51″		
Scheinb. Dist. der Mittelpunkte =	105° 18′ 56″		
Scheinbare Höhe des Mondes =	14° 24′ 41″	*Cpl. log. cos.* =	0,0138852
Scheinbare Höhe der Sonne . =	3° 28′ 34″	*Cpl. log. cos.* =	0,0007992
Summe =	123° 12′ 11″		
Halbe Summe . . . =	61° 36′ 6″	*log. cos.* . . . =	9,6772406
Scheinb. Dist. der Mittelpunkte =	105° 18′ 56″		
Unterschied =	43° 42′ 50″	*log. cos.* . . . =	9,8590179
Wahre Mittelpunktshöhe des ☾ =	15° 13′ 41″	*log. cos.* . . . =	9,9844770
Wahre Mittelpunktshöhe der ☉ =	3° 15′ 37″	*log. cos.* . . . =	9,9992967
Summe =	18° 29′ 18″		39,5347166
			(2
			19,7673583
Halbe Summe . . . =	9° 14′ 39″	*log. cos.* . . . =	9,9943227
		log. sin. A . . =	9,7730356

A . . =	36° 22′ 6″	*log. cos.* =	9,9059154
Halbe Summe =	9° 14′ 39″	*log. cos.* =	9,9943227
		log. sin. $^1/_2 D$. =	9,9002381
		$^1/_2 D$. =	52° 37′ 59″
		D . =	105° 15′ 58″

E. Berechnung der mittleren Zeit zu Greenwich.

Wahre Distanz	=	105° 15′ 58″	
Nächste Distanz (Naut. Alm.)	=	104° 10′ 47″	*Prop. log.* 3399
Unterschied . . .	=	1° 5′ 11″	*Prop. log.* 4411
Zeitunterschied .	=	$2^h\ 22^m\ 36^s$	1012
Zeit der nächsten Distanz	=	$3^h\ 0^m\ 0^s$	
Mittlere Zeit zu Greenwich	=	$5^h\ 22^m\ 36^s$.	

F. Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen Greenwich und dem Orte der Beobachtung.

Mittlere Zeit am Orte der Beobachtung .	$5^h\ 51^m\ 44{,}7^s$
Mittlere Zeit zu Greenwich	$5^h\ 22^m\ 36^s$
Zeitunterschied	$29^m\ 8{,}7^s$

$29^m\ 8{,}7^s$ in Zeit betragen in Bogen 7° 17′ 10,5″, folglich ist die berechnete Länge des Orts der Beobachtung = O. 7° 17′ 10,5″.

319 Es kann vorkommen, dass am Bord eines Schiffes nur eine einzige Person ist, welche die Fähigkeit besitzt, die zur Längenbestimmung erforderlichen Messungen mit gehöriger Genauigkeit auszuführen, und auf kleineren Schiffen ist dieses häufig der Fall. Wenn sich nun ein einzig und allein auf sein Thun angewiesener Observator durch Messung die zur Längenbestimmung erforderlichen Daten verschaffen will, so ist Folgendes das hierbei inne zu haltende Verfahren. Der Beobachter misst a. die Höhe der Sonne, des Sterns, oder des Planeten, b. die Höhe des Mondes, c. eine ungerade Anzahl von Distanzen, d. die Höhe des Mondes, e. die Höhe der Sonne, des Sterns, oder des Planeten. Auch eine einzelne Abweichung von dieser Ordnung beeinträchtigt das Resultat nicht bedeutend, wofern nur die Messung genau ist. Dem Beobachter wird die Arbeit sehr erleichtert, wenn er sich dreier Instrumente bedienen kann, nämlich eines Sextanten zur Distanzmessung, zur Messung der Höhe jedes der beiden Himmelskörper aber eines besondern Octanten.

320 Beispiel. Den 18. Mai 1850 wurden in Emden folgende doppelte Sonnen- und Mondhöhen, sowie Monddistanzen mittelst eines bis auf 10″ genau getheilten Sextanten und des künstlichen Horizonts gemessen.

1.	$4^h\,15^m\,0^s$ PM	doppelte Höhe der ⊙ .	= 60° 26′ 30″
2.	$4^h\,34^m\,45^s$	Dist. d. nächsten Ränder	= 90° 0′ 40″
3.	$4^h\,40^m\,15^s$	doppelte Höhe des ☾ . .	= 90° 30′ 10″
4.	$4^h\,43^m\,15^s$	doppelte Höhe des ☾	= 90° 56′ 0″
5.	$4^h\,46^m\,0^s$	Dist. d. nächsten Ränder	= 90° 6′ 50″
6.	$4^h\,58^m\,5^s$	doppelte Höhe der ⊙ .	= 47° 28′ 50″

Indexfehler — 1′ 3″.

Es soll die Länge des Beobachtungsortes bestimmt werden.

1. Bestimmung der mittleren Werthe.

Man findet:

a. Distanz der nächsten Ränder $4^h\,40^m\,22{,}5^s$, Distanz = 90° 3′ 45″.

b. Doppelte Höhe des untern Sonnenrandes $4^h\,36^m\,32{,}5^s$, ⊙ = 53° 57′ 40″.

c. Doppelte Höhe des Oberrandes des Mondes $4^h\,41^m\,45^s$, ☾ = 90° 43′ 5″.

2. Zurückführung der mittleren Werthe.

Für die doppelte Sonnen- und Mondhöhe auf die Zeit $4^h\,40^m\,22{,}5^s$ durch die Proportionsrechnung findet man, dass die doppelte Höhe des Unterrandes der Sonne um $4^h\,40^m\,22{,}5^s$ = 52° 48′ 29″, die doppelte Höhe des Oberrandes um dieselbe Zeit aber 90° 31′ 15″ war.

Hiernach liegt folgende Reihe einander entsprechender Beobachtungen vor:

1. Zeit der Beobachtung zu Emden $4^h\,40^m\,22{,}5^s$ PM.
2. Doppelte Höhe des Unterr. der Sonne 52° 48′ 29″
3. Doppelte Höhe des Oberr. des Mondes 90° 31′ 15″
4. Distanz der nächsten Ränder . . . 90° 3′ 45″.

3. Ableitung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes der Sonne.

Doppelte Höhe der ⊙	=	52° 48′ 29″
Indexfehler	=	— 1′ 3″
Verbesserte doppelte Höhe der ⊙	=	52° 47′ 26″
		(2
Scheinbare Höhe der ⊙	=	26° 23′ 43″
Halbmesser der Sonne = 15′ 49,4″ / Correction (Tafel XIV.) — 2,5″ .	=	15′ 47″
Scheinbare Höhe des Mittelpunktes der Sonne .	=	26° 39′ 30″
Refraction — 1′ 55″ / Parallaxe . 8″	=	— 1′ 47″
Wahre Höhe des Mittelpunktes der Sonne . .	=	26° 37′ 43″.

4. Bestimmung der mittleren Zeit und des Standes der Uhr zur Zeit der Beobachtung.

Die Rechnung soll hier nach dem in §. 251 aufgestellten Schema geführt werden.

Es ist:

$90^0 - h = z =$	$63^0\ 22'\ 17''$		
$90^0 - \varphi = \psi =$	$36^0\ 37'\ 54''$	*Cpl. log. sin.* . . =	0,224267
$90^0 - \delta = p =$	$70^0\ 25'\ 41''$	*Cpl. log. sin.* . . =	0,025848
$2s$ =	$170^0\ 25'\ 52''$		
s =	$85^0\ 12'\ 56''$		
$s - p$ =	$14^0\ 47'\ 15''$	*log. sin.* . . . =	9,406940
$s - \psi$ =	$48^0\ 35'\ 2''$	*log. sin.* . . . =	9,875018
		$log. sin. \frac{1}{2} t^2$. =	19,532073
			(2
		$log. sin. \frac{1}{2} t$. . =	9,766036

$\frac{1}{2} t$ =	$2^h\ 22^m\ 47{,}1^s$
Wahre Zeit . . =	$4^h\ 45^m\ 34{,}2^s$
Zeitgleichung . =	$3^m\ 51{,}3^s$
Mittlere Zeit . . =	$4^h\ 41^m\ 43^s$
Uhrzeit =	$4^h\ 40^m\ 22{,}5^s$
Uhr zu spät . .	$1^m\ 20{,}5^s$

4. Berechnung der scheinbaren und wahren Höhe des Mittelpunktes des Mondes.

Uhrzeit der Beobachtung . .	$4^h\ 41^m\ 43^s$
Emden östlich von Greenwich	$28^m\ 51{,}2^s$
Zeit zu Greenwich	$4^h\ 12^m\ 51^s$

Doppelte Höhe des ☾. . . . =	$90^0\ 31'\ 15''$
Indexfehler . . . =	$-\ 1'\ 3''$
Verbesserte doppelte Höhe =	$90^0\ 30'\ 12''$
	(2
Scheinbare Höhe des ☾ . . =	$45^0\ 15'\ 6''$

Mondhalbmesser am 18. Mai 0^h =	$16'\ 4{,}3''$	
Mondhalbmesser am 18. Mai 12^h =	$16'\ 0{,}6''$	
Veränderung in 12^h =	$-\ 3{,}7''$	
Prop. Theil für $4^h\ 12^m\ 51^s$. . . =	$-\ 1{,}3''$	
Mondhalbm. am 18. Mai $4^h\ 12^m\ 51^s$ =	$16'\ 3''$	
Vergrösserung (Tafel XV.) . .	$11''$	
Corrigirter Mondhalbmesser =		$16'\ 14''$
Scheinbare Höhe des Mittelpunktes des Mondes =		$44^0\ 58'\ 52''$

Scheinbare Höhe des Mittelpunktes des Mondes .	$= 44^0\,58'\,52''$
Horiz. Aeq.-Parall. am 18. Mai 0^h	$= 58'\,58{,}8''$
Horiz. Aeq.-Parall. am 18. Mai 12^h	$= 58'\,45{,}3''$
Veränderung in 12^h	$= 13{,}5''$
Prop. Theil für $4^h\,12^m\,51^s$. .	$= -\;4{,}5''$
Corrigirte Hor. Aeq.-Parall. . .	$= 58'\,54{,}3''$
Correction wegen Breite . . .	$= -\;7{,}3''$
Horizontal-Parallaxe	$= 58'\,47''$
$58'\,47'' = 3527''$ *log.* . . .	$= 3{,}547405$
Höhe $44^0\,58'\,52''$ *log. cos.*	$= 9{,}849628$
log. Höhenparallaxe . . .	$= 3{,}397033$
Höhenparallaxe $41'\,35''$	
Refraction $-\;58''$	
Parallaxe — Refraction	$40'\,37''$
Wahre Höhe des Mittelpunktes des Mondes . . .	$= 45^0\,39'\,29''$.

6. **Berechnung der scheinbaren Distanz der Mittelpunkte von Mond und Sonne.**

Scheinbare Distanz der nächsten Ränder .	$= 90^0\;\;3'\,45''$
Halbmesser der Sonne	$= 15'\,49''$
Halbmesser des Mondes	$= 16'\,14''$
Scheinbare Distanz der Mittelpunkte	$= 90^0\,35'\,48''$

7. **Berechnung der wahren Distanz aus der scheinbaren, nach Borda.**

$D =$	$90^0\;35'\;48''$		
$\odot H =$	$26^0\;39'\;30''$	*Cpl. log. cos.* =	0,048809
$☾\, h =$	$44^0\;58'\;52''$	*Cpl. log. cos.* =	0,150372
$2s =$	$162^0\;14'\;10''$		
$s =$	$81^0\;\;7'\;\;5''$	*log. cos.* =	9,188645
$D =$	$90^0\;35'\;48''$		
$D - s =$	$9^0\;28'\;43''$	*log. cos.* =	9,994030
$H' =$	$26^0\;37'\;43''$	*log. cos.* =	9,951306
$h' =$	$45^0\;39'\;29''$	*log. cos.* =	9,844440
$H' + h' =$	$72^0\;17'\;12''$		39,177602

		39,177602
$H'+h' = 72^0\ 17'\ 12''$		(2
$^1/_2 (H'+h') = 36^0\ 8'\ 36''$ (2		19,588801
	log. cos. =	9,907168
	log. sin. A =	9,681633
$A = 28^0\ 42'\ 49''$	*log. cos.* =	9,943016
	log. cos. $^1/_2 (H'+h')$ =	9,907168
	log. sin. $^1/_2 D'$ =	9,850184
	$^1/_2 D'$ =	$45^0\ 5'\ 32{,}3''$
	D' =	$90^0\ 11'\ 4{,}6''$.

8. Berechnung der mittleren Zeit zu Greenwich.

a. Berechnung der genäherten Zeit.

Wahre Distanz	$90^0\ 11'\ 4{,}6''$		
Nächste Distanz . . .	$89^0\ 31'\ 39''$	*Prop. log.*	2669
Differenz	$39'\ 25{,}6''$	*Prop. log.*	6595
Genäherter Zeitunterschied	$1^h\ 12^m\ 53^s$	. . .	3926
Zeit der nächsten Distanz	$3^h\ 0^m\ 0^s$		
Genäherte Zeit	$4^h\ 12^m\ 53^s$		

b. Correction der Zeit.

Zeit der nächsten Distanz in der Ephemeride . . =	$3^h\ 0^m\ 0^s$
Genäherte Zeit =	$4^h\ 12^m\ 53^s$
	$7^h\ 12^m\ 53^s$
	(2
Mittel .	$3^h\ 36^m\ 26{,}5^s$

Vor dem Mittel liegende Zeit . . .	$1^h\ 30^m$. .	*Prop. log.* 2660
Nach dem Mittel liegende Zeit . .	$4^h\ 30^m$. .	*Prop. log.* 2669
Unterschied		9

$$3^h\ 36^m\ 26{,}5^s - 1^h\ 30^m = 2^h\ 6^m\ 26{,}5^s.$$

Nach diesem Verhältniss ist:

Mittel	$3^h\ 36^m\ 26{,}6^s$	*Prop. log.* . . 2666
Distanzdifferenz . .	$39^m\ 25{,}6^s$	*Prop. log.* . . 6595
Wahrer Unterschied	$1^h\ 12^m\ 50^s$	*Prop. log.* . . 3929.
Nächste Ephemeridenzeit .	$3^h\ 0^m\ 0^s$	
Corrig. mittl. Zeit zu Greenw.	$4^h\ 12^m\ 50^s$.	

9. Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen dem Orte der Beobachtung und Greenwich.

Mittlere Zeit der Beobachtung	$4^h\ 41^m\ 43^s$
Mittlere Zeit zu Greenwich	$4^h\ 12^m\ 50^s$
Zeitunterschied	$28^m\ 53^s$
Der Längenunterschied zwischen Emden und Greenwich in Zeit, ist nach den Angaben in den geographischen und nautischen Handbüchern =	$28^m\ 51{,}2^s$
Unterschied =	$1{,}8^s$.

Astronomische Hülfstafeln

zum

astronomisch-nautischen Diagramm.

Erklärung der Tafeln.

I. Tafel. Argumente zu Tafel I, II. und III.

Wenn man aus den in den Tafeln II, III. und IV. enthaltenen Zahlen durch Einschaltung die für die in Tafel I. neben der Jahreszahl stehende Tageszeit bestimmt: so erhält man aus Tafel II. die Declination der Sonne, aus Tafel III. die Rectascension derselben, aus Tafel IV. aber die Zeitgleichung für den mittleren Mittag in Greenwich. In einem Schaltjahre muss man aber für Januar und Februar jene neben der Jahreszahl stehende Anzahl von Stunden und Minuten um 24 Stunden vermindern. Demzufolge sind in den Schaltjahren die Declination u. s. w. für folgende Tageszeiten zu bestimmen:

1856	Januar und Februar . . .	0^h 45^m
	März bis December . . .	24^h 45^m
1860	Januar und Februar . . .	1^h 29^m
	März bis December . . .	25^h 29^m
1864	Januar und Februar . . .	2^h 14^m
	März bis December . . .	26^h 14^m
1868	Januar und Februar . . .	2^h 58^m
	März bis December . . .	26^h 58^m
1872	Januar und Februar . . .	3^h 43^m
	März bis December . . .	27^h 43^m
1876	Januar und Februar . . .	4^h 28^m
	März bis December . . .	28^h 28^m
1880	Januar und Februar . . .	5^h 12^m
	März bis December . . .	29^h 12^m.

Tafel II. Die Declination der Sonne.

Mittelst der in Tafel II. enthaltenen Zahlen bestimmt man die Declination der Sonne:

1. für den mittleren Mittag in Greenwich,
2. für jede gegebene mittlere Greenwichzeit,
3. für jede gegebene Zeit an jedem Orte, dessen Länge bekannt ist.

1. Bestimmung der Declination für den mittleren Greenwicher Mittag.

Man suche in Tafel II. die neben dem Datum in der mit 1 st. (Stunde) überschriebenen Vertical-Columne stehende Zahl. Diese, die stündliche Bewegung der Declination, multiplicire man mit der in der Tafel I. neben der Jahreszahl stehenden Anzahl von Stunden und Minuten, letztere als Decimalbruch ausgedrückt. Das Product, welches man so erhält, addirt man zu der neben dem Datum stehenden Declination, wenn letztere wächst, subtrahirt sie aber davon, wenn sie abnimmt. Die Summe, oder die Differenz ist die Declination im mittleren Mittage des gegebenen Datums für Greenwich.

Beispiel. Es ist die Declination der Sonne zu bestimmen 1858 am 5. Mai im mittleren Mittag für Greenwich.

Nach Tafel II. ist die Declination am 5. Mai $= + 16^0 \; 5' \; 33''$

Stündliche Bewegung $= 42{,}8^s$ } Product $= \; 9' \; 22''$
Argument Tafel I. $= 13{,}11^s$ }

Gesuchte Declination $= + 16^0 \; 14' \; 55''$.

2. Bestimmung der Declination für jede gegebene Greenwichzeit.

Um die Declination für jede gegebene mittlere Greenwichzeit zu erhalten, addire man letztere zu der neben der Jahreszahl stehenden Zeit und verfahre dann, wie oben gezeigt.

Beispiel. Man sucht die Declination für Greenwich 1858 den 19. November $7^h \; 53^m$ P. M.

Argument Tafel I.	$13^h \; 7^m$
Mittlere Greenwichzeit	$7^h \; 53^m$
Summe	$21^h \; 0^m$
Stündliche Bewegung	$35{,}0''$
Product	$12' \; 15''$
Decl. der Sonne am 19. November Taf. II.	$= - 19^0 \; 21' \; 16''$
Decl. am 19. November $7^h \; 53^m$ P. M. . .	$= - 19^0 \; 33' \; 31''$.

3. Bestimmung der Declination für jede gegebene Zeit und jeden Ort, dessen Länge bekannt ist.

Hier führt man zuvörderst die gegebene Ortszeit auf Greenwichzeit zurück und verfährt dann wie oben.

Beispiel. Man bestimme die Declination der Sonne für 1857 Februar 12. $22^h\ 16^m$ für einen unter $3^h\ 28^m$ westlich von Greenwich liegenden Ort.

1857 Argument Tafel I. . . .	$18^h\ 56^m$
Zeit: Februar 12.	$22^h\ 16^m$
Längenunterschied	$3^h\ 28^m$
Summe: Februar 13.	$20^h\ 40^m$
Declination Februar 13. Tafel II. =	— 13° 31′ 58″
Stündliche Bewegung 50,5 / Zeit 20,66 } Prod. . .	17′ 23″
Declination Februar 12, $22^h\ 16^m$ =	— 13° 14′ 35″.

Will man die Declination für wahre Zeit bestimmen, so ist noch die Zeitgleichung in die Rechnung einzuführen.

Beispiel. Man frägt nach der Declination am wahren Mittag den 28. Juli 1857 für Berlin.

Wahre Zeit Juli 28	$24^h\ 0^m\ 0^s$	
Zeitgleichung	$+\ 6^m\ 11{,}6^s$	
Mittlere Zeit	$24^h\ 6^m\ 11{,}6^s$	
Berlin östlich von Greenwich .	$53^m\ 35{,}5^s$	
Mittlere Zeit zu Greenwich 27.	$23^h\ 12^m\ 36{,}1^s$	
1857. Argument Tafel I. . .	$18^h\ 56^m$	
Juli 28	$18^h\ 8{,}5^m$ =	$18{,}14^h$
Stündliche Bewegung		$34{,}6^s$
Product		10′ 27,6″
Declination für Juli 28, Tafel II.		19° 8′ 47″
Decl. zu Berlin am wahren Mittage, Juli 28 =		18° 58′ 19,4″.

Tafel III. Mittlere Geradaufsteigung der Sonne oder Sternzeit.

1. Das Verfahren, durch welches man aus Tafel III. die Geradaufsteigung der Sonne erhält, stimmt im Wesentlichen mit dem

überein, durch welches die Declination aus Tafel II. abgeleitet wurde. Die gerade Aufsteigung der mittleren Sonne im mittleren Mittage, oder, was dasselbe ist, die Sternzeit im mittleren Mittage eines gegebenen Tages wird für den Meridian von Greenwich gefunden, wenn man aus den in der Tafel enthaltenen Zahlen die Rectascension für den Zeitmoment bestimmt, welcher den in Tafel I. neben der Jahreszahl stehenden Stunden und Minuten entspricht.

Beispiel. Man leite die Sternzeit für den mittleren Greenwicher Mittag des 31. August 1857 ab.

Um die Sternzeit mittelst der vorliegenden Tafeln zu finden, kann man auf verschiedene Weise verfahren.

Erstes Verfahren:

Sternzeit September 1 (Tafel III.) =	$10^h\ 39^m\ 15{,}3^s$
August 31	$10^h\ 35^m\ 18{,}7^s$
Unterschied in 24 Stunden	$3^m\ 56{,}6^s$.

Nach Tafel I. ist das Argument für 1857 $18^h\ 56^m$, daher setzt man:

$24^h : 3^m\ 56{,}6^s = 18{,}93^h : x$ und erhält

$x =$ $3^m\ 6{,}6^s$ dieses

zu $10^h\ 35^m\ 18{,}7^s$ addirt,

giebt $10^h\ 38^m\ 25{,}3^s$

als Sternzeit im mittleren Greenwicher Mittage.

Zweites Verfahren. Schneller und bequemer erhält man die Sternzeit, wenn man Tafel XXVI. benutzt. In diesem Falle hat man nur nöthig die Beschleunigung der Sternzeit für $18^h\ 56^m$ aus Tafel XXVI. zu entnehmen und zu der neben August 31 stehenden Sternzeit zu addiren.

Sternzeit August 31 (Tafel III.) . . =	$10^h\ 35^m\ 18{,}7^s$
Beschleunigung für Argum. Taf. I. 18^h =	$2^m\ 57{,}416^s$
Nach Tafel XXVI. 56^m =	$9{,}199^s$
Sternzeit im mittl. Greenw. Mittage. =	$10^h\ 38^m\ 25{,}31^s$.

Gerade Aufsteigung der scheinbaren Sonne.

Wenn zur geraden Aufsteigung der mittleren Sonne im mittleren Mittage die Zeitgleichung addirt wird, mit Rücksicht auf das Zeichen der letztern, so erhält man die gerade Aufsteigung der scheinbaren Sonne.

Beispiel. Man sucht die gerade Aufsteigung der scheinbaren Sonne für den mittleren Mittag am 31. August 1857.

Durch Auflösung der als Beispiel voranstehenden Aufgabe ergab sich die

Gerade Aufsteigung am mittl. Mittage August 31	=	$10^h\ 38^m\ 25{,}31^s$
Zeitgleichung (Tafel IV.)	=	$+\ 0^m\ 8{,}4^s$
Gerade Aufsteigung der scheinb. Sonne Aug. 31	=	$10^h\ 38^m\ 34^s$.

Verwandlung der mittleren Zeit in Sternzeit.

Um mittlere Zeit in Sternzeit zu verwandeln, addirt man zu ihr zuvörderst die in Tafel I. neben der Jahreszahl stehenden Stunden und Minuten. Für das dann vorliegende Datum entnimmt man aus Tafel III. die Sternzeit und schreibt aus Tafel XXVI die Beschleunigung für die in jener Summe enthaltenen Stunden, Minuten und Secunden darunter. Schliesslich fügt man die ursprünglich gegebenen Stunden, Minuten und Secunden bei und addirt alles zusammen. Die Summe ist die gesuchte Sternzeit. Ist diese grösser als 24 Stunden, so wird sie um 24 Stunden vermindert.

Beispiel. 1857 August 31 $13^h\ 7^m\ 48^s$ mittlere Zeit sollen in Sternzeit verwandelt werden.

Mittlere Zeit, August 31			$13^h\ 7^m\ 48^s$
1857. Argument Tafel I.			$18^h\ 56^m$
Summe, September 1			$8^h\ 3^m\ 48^s$
Sternzeit für September 1, Tafel III. . .		=	$10^h\ 39^m\ 15{,}3^s$
Beschleunigung Tafel XXVI.	8^h	=	$1^m\ 18{,}85^s$
	3^m	=	$0{,}49^s$
	48^s	=	$0{,}13^s$
Gegebene mittlere Zeit		=	$13^h\ 7^m\ 48^s$
Gesuchte Sternzeit		=	$23^h\ 48^m\ 22{,}77^s$.

Verwandlung von Sternzeit in mittlere Zeit.

Um Sternzeit in mittlere Zeit zu verwandeln, leitet man zuvörderst aus Tafel III mit Zuziehung der Tafeln I und IV die Sternzeit für den mittleren Mittag des gegebenen Tages ab, sub-

trahirt dann letztere von der gegebenen Sternzeit, welche, wenn es nöthig, um 24 Stunden vermehrt wird und verwandelt die Stunden, Minuten und Secunden des Restes mit Hülfe der Tafel XXV in mittlere Zeit.

Beispiel. 1857 November 1, $5^h\ 46^m\ 36^s$ Sternzeit sollen in mittlere Zeit verwandelt werden.

Sternzeit November 1. Tafel III.		=	$14^h\ 39^m\ 45{,}1^s$
1857. Beschleunigung für Argument Tafel I.	18^h	=	$2^m\ 57{,}41^s$
	56^m	=	$9{,}19^s$
Sternzeit im mittleren Mittage, November 1.		=	$14^h\ 42^m\ 52^s$
Gegebene Sternzeit + 24^h		=	$29^h\ 46^m\ 36^s$
Unterschied . .		=	$15^h\ 3^m\ 44^s$.

Diese $15^h\ 3^m\ 44^s$ müssen nun als mittlere Zeit ausgedrückt werden. Es ist

Tafel XXV. Verzögerung	15^h	=	$2^m\ 27{,}44^s$
	3^m	=	$0{,}49^s$
	44^s	=	$0{,}12^s$
Summe . . .		=	$2^m\ 28{,}05^s$
Abgezogen von			$15^h\ 3^m\ 44^s$
Gesuchte mittlere Zeit		=	$15^h\ 1^m\ 16^s$.

Tafel IV. Zeitgleichung für mittlere Zeit.

Auch das Verfahren, mittelst welchem man aus Tafel IV. die Zeitgleichung bestimmt, ist dem bei Bestimmung der Declination und Rectascension analog und aus den folgenden Beispielen ersichtlich.

1. Bestimmung der Zeitgleichung für den mittleren Greenwicher Mittag.

Beispiel. Man sucht die Zeitgleichung für den mittleren Mittag des 25. Mai 1857 für den Meridian von Greenwich.

Stündliche Bewegung für Mai 25. . . .	=	$0{,}24^s$
Tafel I, Argument für 1857 = $18^h\ 56^m$.	=	$18{,}93^s$
Product	=	$4{,}5^s$
Zeitgleichung für Mai 25 (Tafel IV.) . .	=	$3^m\ 26{,}0^s$
Zeitgleichung für den mittleren Mittag.	=	$3^m\ 21{,}5^s$

2. Bestimmung der Zeitgleichung für jede gegebene Greenwicher Zeit.

Beispiel. Man bestimme die Zeitgleichung für Greenwichzeit 1857, Juni 17. 5^h 36^m P. M.

Stündliche Bewegung für Juni 17. . .	=	$0{,}54^s$
Argument für 1857 (Tafel I.)	=	18^h 56^m
Greenwichzeit	=	5^h 36^m
Summe		1^d 0^h 32^m
$\frac{32^m}{60} \times 0{,}54^s = 0{,}53^h \times 0{,}54^s$	=	$0{,}28^s$
Zeitgleichung für Juni 18. (Tafel IV.) .	=	0^m $35{,}0^s$
Zeitgleichung für 1857 Juni 17. 5^h 36^m	=	0^m $35{,}28^s$.

3. Bestimmung der Zeitgleichung für jede beliebige Zeit unter gegebener Länge.

Man führe zuvörderst die gegebene Ortszeit auf Greenwichzeit zurück und verfahre dann wie oben gezeigt.

Beispiel. Es ist die Zeitgleichung für den Meridian von Emden 1857, October 27, 3 Uhr 24 Minuten 54 Secunden Nachmittags zu bestimmen.

Mittlere Zeit zu Emden		3^h 24^m 54^s
Emden östl. von Greenwich . .		28^m $51{,}2^s$
Mittlere Zeit zu Greenwich . .		2^h 56^m $2{,}8^s$
1857, Argument Tafel I. . . .		18^h 56^m 0^s
Summe . . .		21^h 52^m $2{,}8^s$
$= 21{,}86^h \times 0{,}22$ (stündl. Bew. Oct. 27.)	=	$4{,}8^s$
Zeitgleichung für Oct. 27. (Taf. IV.) . .	=	-15^m $57{,}1^s$
Zeitgl. 1857 Oct. 27. 3^h 24^m 54^s . . .	=	-16^m $1{,}9^s$.

Tafel XXV. und Tafel XXVI.

Der Gebrauch dieser Tafeln bei der Verwandlung von Sternzeit in mittlere Zeit, und der von mittlerer Zeit in Sternzeit ist aus dem, was oben über Tafel III. gesagt, ersichtlich.

Tafel V. Halbmesser der Sonne im mittleren Mittage des 1. und 16. Tages jedes Monats im Jahre 1859.

Diese Tafel bedarf keiner besondern Erklärung. Den Halbmesser der Sonne für die Tage, welche nicht in der Tafel aufgeführt sind, erhält man durch Einschaltung. Bei Bestimmungen, die sich auf Messungen gründen, die mit einem Spiegel-Octanten ausgeführt sind, dürfen die aus der Tafel entnommenen Werthe als auch für andere Jahre gültig betrachtet werden.

Tafel VI. Die Rectascension und Declination der vorzüglichsten Fixsterne für den 1. Januar 1859.

Aus Tafel VI. entnimmt man die Rectascension und Declination der aufgeführten Fixsterne für den 1. Januar 1859 direct. Für ein früheres Jahr erhält man die Rectascension und Declination, wenn man die neben ihnen stehende jährliche Veränderung mit der Anzahl der Jahre, welche bis zum Jahre 1859 noch verfliessen, multiplicirt und das Product mit dem der jährlichen Veränderung widerstreitenden Zeichen zu der für 1859 angegebenen Zahl hinzufügt.

Beispiel. Welche Rectascension und Declination hat Castor in den Zwillingen am 1. Januar 1857.

Von 1857 bis 1859 verfliessen noch zwei Jahre, man multiplicirt daher die neben der Rectascension für α Geminorum stehende jährliche Veränderung + 3,843 mit 2 und legt das Product + 7,686 mit dem widerstreitenden Zeichen zu $7^h\ 25^m\ 35{,}88^s$ hinzu. Hierdurch erhält man

$$\begin{array}{lr} & 7^h\ 25^m\ 35{,}88^s \\ & -\ 7{,}68 \\ \hline \text{Rectasc. des Castor am 1. Januar 1857} & 7^h\ 25^m\ 28{,}2^s. \end{array}$$

Die jährliche Veränderung der Declination ist negativ, das Product muss daher addirt werden. Man erhält in

$$\begin{array}{rr} & 32^0\ 11'\ 36{,}6'' \\ +\ 7{,}395 \times 2 = & 14{,}7'' \\ \hline \text{die Decl. am 1. Jan. 1857} = & 32^0\ 11'\ 51{,}3''. \end{array}$$

Für spätere Jahre wird das Product aus der jährlichen Ver-

änderung in die Zahl der verflossenen Jahre mit den in den Tafeln angegebenen Zeichen hinzugefügt.

Tafel VII. Zur Vergleichung der gebräuchlichsten Barometer- und Thermometer-Scalen

ist für sich verständlich. Ueber

Tafel VIII. Kimmtiefe,

vergleiche man §. 137 und §. 138.

Tafel IX, X. und XI. Refraction,

sind in §. 141 bis 143 erklärt.

Die Bedeutung der Zahlen in

Tafel XII. Höhen-Parallaxe der Sonne,

ergiebt sich aus den Argumenten „Monat" und „Höhe", die in

Tafel XIII. Höhen-Parallaxe der Planeten,

aus den Argumenten „Horizontal-Parallaxe und Höhe".

Man vergleiche ferner, betreffend

Tafel XIV. und Tafel XV. die §§. 153 bis 155,

Tafel XVI. und Tafel XVII. den §. 157,

Tafel XVIII. und Tafel XIX. den §. 164.

Tafel XX. Seiten-Parallaxe des Mondes als Folge der Abplattung der Erde, und

Tafel XXI. Correction der Monddistanz wegen der Seitenparallaxe des Mondes.

Weil die Erde abgeplattet und daher das Zenith des Beobachters vom geocentrischen Zenith verschieden ist, so fällt der Mittelpunkt des Mondes vom Mittelpunkte der Erde aus gesehen nicht in den Verticalkreis, in welchem er dem Beobachter erscheint. Insofern nun der Einfluss der Abplattung der Erde bei der Reduction der Monddistanzen berücksichtigt werden soll, so wird dieses durch die Tafeln XX. und XXI. sehr erleichtert. Wenn

das Azimuth des Mondes und die Breite bekannt sind, so findet man nämlich die Seiten-Parallaxe des Mondes in Tafel XX. Um dann aber die Monddistanz in Beziehung auf diese Seiten-Parallaxe zu corrigiren, muss noch der Winkel bekannt sein, welchen der Bogen vom Monde zur Sonne, oder zum Sterne, welcher in Tafel XXI. kurz als „Winkel mit dem Verticalkreise" bezeichnet ist, bekannt sein. Diesen Winkel erhält man durch das Diagramm nach Anweisung der §§. 212 und 213. Wenn auch dieser Winkel bestimmt ist, so entnimmt man aus Tafel XXI. die Correction, entsprechend der „Seiten-Parallaxe des Mondes" und dem „Winkel mit dem Verticalkreise", und addirt dieselbe zur Monddistanz, oder subtrahirt sie davon nach Maassgabe des unter der Tafel XXI. stehenden Täfelchens.

Tafel XXII. Tafel zur Zeitbestimmung aus gleichen Höhen.

Um nach der in §. 66 entwickelten Formel

$$-\varDelta A\,tg.\,\varphi + \varDelta B\,tg.\,\delta$$

die Mittagsverbesserung zu berechnen, bedient man sich mit Vortheil der in Tafel XXII. enthaltenen Logarithmen für

$$A = \frac{\theta' - \theta}{48^h \,.\, 30} \; \frac{1}{sin.\ 15\left(\frac{\theta' - \theta}{2}\right)} \quad \text{und}$$

$$B = \frac{\theta' - \theta}{48^h \,.\, 30} \; \frac{1}{tg.\ 15\left(\frac{\theta' - \theta}{2}\right)}.$$

Ein Beispiel für diese Rechnung findet man in §. 240, wo auch das Erforderliche über die Bestimmung des Zeichens, mit welchem $\varDelta$ in die Rechnung eingeführt werden muss, angegeben ist.

Ueber

Tafel XXIII. Verwandlung der Aequatorbogen in Zeit und

Tafel XXIV. Verwandlung der Zeit in Bogen,

vergleiche man die §§. 77 bis 80.

Tafel XXV. Verzögerung der mittleren Zeit gegen Sternzeit,

dient um Sternzeit in mittlere Zeit,

Tafel XXVI. Beschleunigung der Sternzeit gegen mittlere Zeit,

um mittlere Zeit in Sternzeit zu verwandeln. Ein Rechnungsbeispiel zur Anwendung von Tafel XXV. findet man in §. 91, zu Tafel XXVI. in §. 90, aber auch in der voranstehenden Erklärung der Tafel III.

Die Anwendung der

Tafel XXVII. Aus der wahren Zeit des wahren Auf- und Unterganges eines Gestirns die Zeit des scheinbaren Auf- und Unterganges zu finden,

ist in §. 182, die der

Tafel XXVIII. Aus der wahren Morgen- und Abendweite die scheinbare Morgen- und Abendweite zu finden,

ist in §. 189 gezeigt.

Tafel XXIX. Winkel der Striche und Viertelstriche des Compasses mit dem Meridian.

Diese Tafel dient um eine in Compassstrichen gegebene Richtung in Graden, Minuten und Secunden, oder umgekehrt auszudrücken.

Tafel XXVI. Beschleunigung der Sternzeit gegen mittlere Zeit.

um mittlere Zeit in Sternzeit zu verwandeln. Ein Rechnungsbeispiel zur Anwendung von Tafel XXV. findet man in §. 91. zu Tafel XXVI in §. 90, aber auch in der vorangehenden Erklärung der Tafel III.

Die Anwendung der

Tafel XXVII. Aus der wahren Zeit des wahren Auf- und Unterganges eines Gestirns die Zeit des scheinbaren Auf- und Unterganges zu finden.

ist in §. 182, die der

Tafel XXVIII. Aus der wahren Morgen- und Abendweite die scheinbare Morgen- und Abendweite zu finden

ist in §. 189 gezeigt.

Tafel XXIX. Winkel der Striche und Viertelstriche des Compasses mit dem Meridian.

Diese Tafel dient um eine in Compassstrichen gegebene Richtung in Graden, Minuten und Secunden, oder umgekehrt auszudrücken.

Ein Beispiel für diese Rechnung findet man in §. 240, wo auch das Erforderliche über die Bestimmung des Zeichens, mit welchem $\mathcal{A}$ in die Rechnung eingeführt werden muss, angegeben ist.

Ueber

Tafel XXIII. Verwandlung der Aequatorbogen in Zeit und

Tafel XXIV. Verwandlung der Zeit in Bogen.

vergleiche man die §§. 77 bis 80.

Tafel XXV. Verzögerung der mittleren Zeit gegen Sternzeit.

dient um Sternzeit in mittlere Zeit

I.

Kleines, immerwährendes

astronomisches Jahrbuch.

I. Argumente zu den drei ersten der folgenden Tafeln.
II. Declination der Sonne.
III. Sternzeit und Gerad-Aufsteigung der Sonne.
IV. Zeitgleichung für mittlere Zeit.
V. Halbmesser der Sonne.
VI. Gerad-Aufsteigung und Declination der vorzüglichsten Fixsterne für 1859.

Tafel I. Tafel II. Declination der Sonne.

Im Jahre	Grw. Zeit.	Datum	Januar.	1 st.	Februar.	1 st.	März.	1 st.	April.	1 st.	Mai.	1 st.	Juni.	1 st.
1852*	st. m. 24 0	1	− 23° 3′ 28″	12″ 4	− 17° 14′ 56″	42″ 7	− 7° 47′ 7″	57″ 0	+ 4° 19′ 48″	57″ 9	+ 14° 54′ 26″	54″ 4	+ 21° 59′ 2″	20″ 5
1853	18 11	2	22 58 30	13 5	16 57 51	43 4	7 24 20	57 2	4 42 57	57 6	15 12 35	44 8	22 7 14	19 5
1854	12 22	3	22 53 5	14 7	16 40 29	44 1	7 1 27	57 5	5 6 0	57 4	15 30 30	44 1	22 15 2	18 6
1855	6 33	4	22 47 13	15 9	16 22 50	44 9	6 38 28	57 7	5 28 57	57 2	15 48 9	43 5	22 22 28	17 6
1856*	24 45	5	22 40 53	16 9	16 4 53	45 5	6 15 23	57 9	5 51 49	56 9	16 5 33	42 8	22 29 30	16 6
1857	18 56	6	22 34 7	18 1	15 46 40	46 2	5 52 13	58 1	6 14 35	56 6	16 22 40	42 1	22 36 8	15 6
1858	13 7	7	22 26 53	19 1	15 28 11	46 9	5 28 59	58 3	6 37 14	56 4	16 39 31	41 5	22 42 23	14 6
1859	7 18	8	22 19 14	20 3	15 9 26	47 5	5 5 40	58 5	6 59 47	56 0	16 56 6	40 8	22 48 13	13 6
1860*	25 29	9	22 11 8	21 4	14 50 25	48 1	4 42 17	58 6	7 22 12	55 8	17 12 24	40 0	22 53 40	12 6
1861	19 40	10	22 2 35	22 4	14 31 10	48 8	4 18 51	58 8	7 44 30	55 5	17 28 25	39 3	22 58 43	11 6
1862	13 52	11	21 53 38	23 5	14 11 40	49 2	3 55 21	58 8	8 6 41	55 1	17 44 8	38 6	23 3 22	10 6
1863	8 3	12	21 44 14	24 5	13 51 56	49 9	3 31 49	59 0	8 28 43	54 8	17 59 34	37 8	23 7 36	9 6
1864*	26 14	13	21 34 25	25 6	13 31 58	50 5	3 8 13	59 0	8 50 37	54 4	18 14 42	37 0	23 11 27	8 5
1865	20 25	14	21 24 11	26 6	13 11 47	51 0	2 44 36	59 1	9 12 22	54 0	18 29 31	36 3	23 14 52	7 5
1866	14 36	15	21 13 33	27 6	12 51 23	51 5	2 20 57	59 2	9 33 59	53 6	18 44 2	35 5	23 17 53	6 5
1867	8 47	16	21 2 30	28 6	12 30 47	52 0	1 57 16	59 3	9 55 26	53 2	18 58 14	34 7	23 20 30	5 5
1868*	26 58	17	20 51 3	29 6	12 9 58	52 5	1 33 34	59 3	10 16 43	52 8	19 12 7	33 9	23 22 42	4 5
1869	21 10	18	20 39 12	30 6	11 48 58	53 0	1 9 52	59 3	10 37 50	52 3	19 25 41	33 0	23 24 29	3 4
1870	15 21	19	20 26 57	31 5	11 27 46	53 4	0 46 9	59 3	10 58 46	51 9	19 38 54	32 3	23 25 51	2 4
1871	9 32	20	20 14 20	32 5	11 6 24	53 9	0 22 26	59 3	11 19 32	51 5	19 51 48	31 5	23 26 49	1 3
1872*	27 43	21	20 1 19	33 5	10 44 51	54 3	+ 0 1 17	59 3	11 40 7	51 0	20 4 22	30 5	23 27 21	0 3
1873	21 54	22	19 47 56	34 4	10 23 9	54 7	0 24 59	59 2	12 0 30	50 5	20 16 35	29 7	23 27 29	0 7
1874	16 5	23	19 34 11	35 3	10 1 16	55 0	0 48 39	59 1	12 20 42	50 0	20 28 27	28 8	23 27 12	1 8
1875	10 16	24	19 20 4	36 2	9 39 15	55 4	1 12 18	59 0	12 40 41	49 5	20 39 58	27 9	23 26 30	2 8
1876*	28 28	25	19 5 36	37 0	9 17 5	55 8	1 35 55	59 0	13 0 28	48 9	20 51 8	27 0	23 25 24	3 8
1877	22 29	26	18 50 48	37 9	8 54 47	56 1	1 59 30	58 8	13 20 1	48 4	21 1 57	26 1	23 23 52	4 8
1878	16 50	27	18 35 38	38 8	8 32 21	56 4	2 23 2	58 7	13 39 22	47 8	21 12 23	25 2	23 21 56	5 8
1879	11 1	28	18 20 8	39 5	8 9 48	56 7	2 46 31	58 5	13 58 29	47 2	21 22 28	24 3	23 19 36	6 9
1880*	29 12	29	18 4 19	40 4	7 47 7	57 0	3 9 56	58 4	14 17 22	46 6	21 32 10	23 3	23 16 50	7 9
1881	23 23	30	17 48 10	41 2			3 33 18	58 2	14 36 1	46 0	21 41 30	22 4	23 13 41	8 9
1882	17 34	31	17 31 42	41 9			3 56 35	58 0			21 50 27	21 5		
1883	11 46													

Im Jahre	Grw Zeit.	Datum	Juli.	1 st.	August.	1 st.	September.	1 st.	October.	1 st.	November.	1 st.	December.	1 st.
	st. m.													
1852*	24 0	1	+ 23° 10′ 7″	10″ 0	+ 18° 11′ 31″	37″ 7	+ 8° 30′ 40″	54″ 5	— 2° 57′ 46″	58″ 3	— 14° 16′ 0″	48″ 2	— 21° 44′ 23″	23″ 4
1853	18 11	2	23 6 8	11 0	17 56 27	38 4	8 8 53	54 8	3 21 5	58 2	14 35 16	47 6	21 53 44	22 3
1854	12 22	3	23 1 45	11 9	17 41 5	39 1	7 46 59	55 1	3 44 22	58 1	14 54 18	47 0	22 2 39	21 3
1855	6 33	4	22 56 59	13 0	17 25 26	39 8	7 24 57	55 4	4 7 36	58 0	15 13 5	46 3	22 11 9	20 2
1856*	24 45	5	22 51 48	14 0	17 9 30	40 5	7 2 48	55 7	4 30 48	57 8	15 31 37	45 7	22 19 14	19 1
1857	18 56	6	22 46 13	14 9	16 53 17	41 2	6 40 32	56 0	4 53 56	57 7	15 49 54	45 1	22 26 52	18 0
1858	13 7	7	22 40 15	15 9	16 36 48	41 9	6 18 9	56 2	5 17 1	57 6	16 7 56	44 4	22 34 4	16 9
1859	7 18	8	22 33 53	16 9	16 20 2	42 5	5 55 40	56 5	5 40 3	57 3	16 25 41	43 7	22 40 50	15 8
1860*	25 29	9	22 27 8	17 9	16 3 1	43 2	5 33 4	56 7	6 2 59	57 2	16 43 10	43 0	22 47 9	14 7
1861	19 40	10	22 19 59	18 8	15 45 44	43 8	5 10 23	56 9	6 25 51	57 0	17 0 22	42 3	22 53 1	13 6
1862	13 52	11	22 12 28	19 8	15 28 12	44 5	4 47 37	57 2	6 48 39	56 7	17 17 16	41 5	22 58 27	12 4
1863	8 3	12	22 4 33	20 7	15 10 25	45 1	4 24 45	57 3	7 11 20	56 5	17 33 53	40 8	23 3 24	11 3
1864*	26 14	13	21 56 16	21 7	14 52 23	45 7	4 1 49	57 5	7 33 56	56 3	17 50 11	40 0	23 7 55	10 1
1865	20 25	14	21 47 36	22 6	14 34 7	46 3	3 38 48	57 7	7 56 26	56 0	18 6 11	39 2	23 11 57	9 0
1866	14 36	15	21 38 33	23 5	14 15 37	46 8	3 15 44	57 8	8 18 49	55 7	18 21 52	38 4	23 15 32	7 8
1867	8 47	16	21 29 9	24 5	13 56 53	47 4	2 52 36	58 0	8 41 5	55 4	18 37 13	37 6	23 18 39	6 6
1868*	26 58	17	21 19 22	25 3	13 37 56	48 0	2 29 24	58 1	9 3 14	55 0	18 52 15	36 7	23 21 18	5 5
1869	21 10	18	21 9 14	26 3	13 18 45	48 4	2 6 10	58 2	9 25 15	54 7	19 6 56	35 8	23 23 29	4 3
1870	15 21	19	20 58 44	27 1	12 59 23	49 0	1 42 53	58 3	9 47 7	54 3	19 21 16	35 0	23 25 12	3 1
1871	9 32	20	20 47 53	28 0	12 39 47	49 5	1 19 33	58 4	10 8 51	54 0	19 35 16	34 1	23 26 27	1 9
1872*	27 43	21	20 36 41	28 9	12 20 0	50 0	0 56 12	58 4	10 30 26	53 6	19 48 54	33 2	23 27 13	0 8
1873	21 54	22	20 25 8	29 8	12 0 1	50 4	0 32 50	58 5	10 51 52	53 1	20 2 10	32 3	23 27 31	0 5
1874	16 5	23	20 13 14	30 6	11 39 51	50 9	0 9 26	58 5	11 13 7	52 8	20 15 5	31 3	23 27 20	1 6
1875	10 16	24	20 1 0	31 4	11 19 29	51 3	— 0 13 59	58 5	11 34 13	52 3	20 27 36	30 4	23 26 41	2 8
1876*	28 28	25	19 48 26	32 2	10 58 57	51 8	0 37 24	58 5	11 55 7	51 8	20 39 45	29 4	23 25 34	4 0
1877	22 29	26	19 35 33	33 0	10 38 15	52 2	1 0 49	58 5	12 15 51	51 3	20 51 31	28 4	23 23 59	5 1
1878	16 50	27	19 22 20	33 9	10 17 22	52 6	1 24 14	58 5	12 36 23	50 9	21 2 54	27 4	23 21 56	6 3
1879	11 1	28	19 8 47	34 6	9 56 20	53 0	1 47 39	58 5	12 56 44	50 3	21 13 52	26 5	23 19 24	7 5
1880*	29 12	29	18 54 56	35 4	9 35 8	53 3	2 11 2	58 5	13 16 52	49 8	21 24 27	25 4	23 16 24	8 6
1881	23 23	30	18 40 46	36 2	9 13 48	53 8	2 34 25	58 4	13 36 48	49 3	21 34 37	24 4	23 12 57	9 8
1882	17 34	31	18 26 18	37 0	8 52 18	54 1			13 56 31	48 7			23 9 1	11 0
1883	11 46												23 4 38	12 1

Tafel III. Mittlere Gerad-Aufsteigung der Sonne oder Sternzeit. Tafel I.

Tag.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Jahr.	Greenw. Zeit.
1	18h 41m 12s 4	20h 43m 25s 6	22h 33m 49s 1	0h 36m 2s 3	2h 34m 18s 9	4h 36m 32s 1	1852 *	24h 0m
2	18 45 8 9	20 47 22 2	22 37 45 7	0 39 58 8	2 38 15 4	4 40 28 7	1853	18 11
3	18 49 5 5	20 51 18 7	22 41 42 2	0 43 55 4	2 42 12 0	4 44 25 2	1854	12 22
4	18 53 2 0	20 55 15 3	22 45 38 8	0 47 51 9	2 46 8 5	4 48 21 8	1855	6 33
5	18 56 58 6	20 59 11 8	22 49 35 4	0 51 48 5	2 50 5 1	4 52 18 3	1856 *	24 45
6	19 0 55 2	21 3 8 4	22 53 31 9	0 55 45 0	2 54 1 7	4 56 14 9	1857	18 56
7	19 4 51 7	21 7 5 0	22 57 28 5	0 59 41 6	2 57 58 2	5 0 11 5	1858	13 7
8	19 8 48 3	21 11 1 5	23 1 25 0	1 3 38 1	3 1 54 8	5 4 8 0	1859	7 18
9	19 12 44 8	21 14 58 1	23 5 21 6	1 7 34 7	3 5 51 3	5 8 4 6	1860 *	25 29
10	19 16 41 4	21 18 54 6	23 9 18 1	1 11 31 2	3 9 47 9	5 12 1 1	1861	19 40
11	19 20 37 9	21 22 51 2	23 13 14 7	1 15 27 8	3 13 44 4	5 15 57 7	1862	13 52
12	19 24 34 5	21 26 47 7	23 17 11 2	1 19 24 4	3 17 41 0	5 19 54 2	1863	8 3
13	19 28 31 1	21 30 44 3	23 21 7 8	1 23 20 9	3 21 37 5	5 23 50 8	1864 *	26 14
14	19 32 27 6	21 34 40 8	23 25 4 3	1 27 17 5	3 25 34 1	5 27 47 4	1865	20 25
15	19 36 24 2	21 38 37 4	23 29 0 9	1 31 14 0	3 29 30 7	5 31 43 9	1866	14 36
16	19 40 20 7	21 42 33 9	23 32 57 4	1 35 10 6	3 33 27 2	5 35 40 5	1867	8 47
17	19 44 17 3	21 46 30 5	23 36 54 0	1 39 7 1	3 37 23 8	5 39 37 0	1868 *	26 58
18	19 48 13 8	21 50 27 1	23 40 50 5	1 43 3 7	3 41 20 3	5 43 33 6	1869	21 10
19	19 52 10 4	21 54 23 6	23 44 47 1	1 47 0 2	3 45 16 9	5 47 30 2	1870	15 21
20	19 56 7 0	21 58 20 2	23 48 43 6	1 50 56 8	3 49 13 4	5 51 26 7	1871	9 32
21	20 0 3 5	22 2 16 7	23 52 40 2	1 54 53 3	3 53 10 0	5 55 23 3	1872 *	27 43
22	20 4 0 1	22 6 13 3	23 56 36 7	1 58 49 9	3 57 6 5	5 59 19 8	1873	21 54
23	20 7 56 6	22 10 9 8	0 0 33 3	2 2 46 4	4 1 3 1	6 3 16 4	1874	16 5
24	20 11 53 2	22 14 6 4	0 4 29 9	2 6 43 0	4 4 59 7	6 7 12 9	1875	10 16
25	20 15 49 7	22 18 2 9	0 8 26 4	2 10 39 6	4 8 56 2	6 11 9 5	1876 *	28 28
26	20 19 46 3	22 21 59 5	0 12 23 0	2 14 36 1	4 12 52 8	6 15 6 1	1877	22 29
27	20 23 42 8	22 25 56 0	0 16 19 5	2 18 32 7	4 16 49 3	6 19 2 6	1878	16 50
28	20 27 39 4	22 29 52 6	0 20 16 1	2 22 29 2	4 20 45 9	6 22 59 2	1879	11 1
29	20 31 36 0	22 33 49 1	0 24 12 6	2 26 25 8	4 24 42 4	6 26 55 7	1880 *	29 12
30	20 35 32 5		0 28 9 2	2 30 22 3	4 28 39 0	6 30 52 3	1881	23 23
31	20 39 29 1		0 32 5 7		4 32 35 6		1882	17 34
							1883	11 46

Tag.	Juli.	August.	September.	October.	November.	December.	Jahr.	Greenw. Zeit.
1	6h 34m 48s 8	8h 37m 2s 1	10h 39m 15s 3	12h 37m 31s 9	14h 39m 45s 0	16h 38m 1s 7	1852 *	24h 0m
2	6 38 45 4	8 40 58 7	10 43 11 9	12 41 28 4	14 43 41 6	16 41 58 3	1853	18 11
3	6 42 42 0	8 44 55 2	10 47 8 4	12 45 25 0	14 47 38 2	16 45 54 8	1854	12 22
4	6 46 38 5	8 48 51 8	10 51 5 0	12 49 21 5	14 51 34 7	16 49 51 4	1855	6 33
5	6 50 35 1	8 52 48 3	10 55 1 5	12 53 18 1	14 55 31 3	16 53 48 0	1856 *	24 45
6	6 54 31 6	8 56 44 9	10 58 58 1	12 57 14 7	14 59 27 8	16 57 44 5	1857	18 56
7	6 58 28 2	9 0 41 4	11 2 54 6	13 1 11 2	15 3 24 4	17 1 41 1	1858	13 7
8	7 2 24 7	9 4 38 0	11 6 51 2	13 5 7 8	15 7 20 9	17 5 37 6	1859	7 18
9	7 6 21 3	9 8 34 6	11 10 47 7	13 9 4 3	15 11 17 5	17 9 34 2	1860 *	25 29
10	7 10 17 9	9 12 31 1	11 14 44 3	13 13 0 9	15 15 14 0	17 13 30 8	1861	19 40
11	7 14 14 4	9 16 27 7	11 18 40 8	13 16 57 4	15 19 10 6	17 17 27 3	1862	13 52
12	7 18 11 0	9 20 24 2	11 22 37 4	13 20 54 0	15 23 7 2	17 21 23 9	1863	8 3
13	7 22 7 5	9 24 20 8	11 26 33 9	13 24 50 5	15 27 3 7	17 25 20 4	1864 *	26 14
14	7 26 4 1	9 28 17 3	11 30 30 5	13 28 47 1	15 31 0 3	17 29 17 0	1865	20 25
15	7 30 0 7	9 32 13 9	11 34 27 0	13 32 43 6	15 34 56 8	17 33 13 5	1866	14 36
16	7 33 57 2	9 36 10 4	11 38 23 6	13 36 40 2	15 38 53 4	17 37 10 1	1867	8 47
17	7 37 53 8	9 40 7 0	11 42 20 2	13 40 36 7	15 42 49 9	17 41 6 7	1868 *	26 58
18	7 41 50 3	9 44 3 5	11 46 16 7	13 44 33 3	15 46 46 5	17 45 3 2	1869	21 10
19	7 45 46 9	9 48 0 1	11 50 13 3	13 48 29 8	15 50 43 0	17 48 59 8	1870	15 21
20	7 49 43 4	9 51 56 7	11 54 9 8	13 52 26 4	15 54 39 6	17 52 56 3	1871	9 32
21	7 53 40 0	9 55 53 2	11 58 6 4	13 56 23 0	15 58 36 2	17 56 52 9	1872 *	27 43
22	7 57 36 5	9 59 49 8	12 2 2 9	14 0 19 5	16 2 32 7	18 0 49 4	1873	21 54
23	8 1 33 1	10 3 46 3	12 5 59 5	14 4 16 1	16 6 29 3	18 4 46 0	1874	16 5
24	8 5 29 7	10 7 42 9	12 9 56 0	14 8 12 6	16 10 25 8	18 8 42 6	1875	10 16
25	8 9 26 2	10 11 39 4	12 13 52 6	14 12 9 2	16 14 22 4	18 12 39 1	1876 *	28 28
26	8 13 22 8	10 15 36 0	12 17 49 1	14 16 5 7	16 18 18 9	18 16 35 7	1877	22 29
27	8 17 19 3	10 19 32 5	12 21 45 7	14 20 2 3	16 22 15 5	18 20 32 2	1878	16 50
28	8 21 15 9	10 23 29 1	12 25 42 2	14 23 58 8	16 26 12 1	18 24 28 8	1879	11 1
29	8 25 12 4	10 27 25 6	12 29 38 8	14 27 55 4	16 30 8 6	18 28 25 4	1880 *	29 12
30	8 29 9 0	10 31 22 2	12 33 35 3	14 31 51 9	16 34 5 2	18 32 21 9	1881	23 23
31	8 33 5 6	10 35 18 7		14 35 48 5		18 36 18 5	1882	17 34
32						18 40 15 0	1883	11 46

Tafel IV. Zeitgleichung für mittlere Zeit.

Tag.	Januar	1 st.	Februar.	1 st.	März.	1 st.	April.	1 st.	Mai.	1 st.	Juni.	1 st.
1	+ 3m 37s 1	1s 18	+ 13m 50s 1	0s 33	+ 12m 43s 3	0s 50	+ 4m 9s 4	0s 76	− 2m 57s 2	0s 32	− 2m 36s 6	0s 37
2	4 5 4	1 17	13 58 0	0 29	12 31 3	0 52	3 51 1	0 76	3 4 9	0 30	2 27 8	0 38
3	4 33 4	1 15	14 5 0	0 26	12 18 9	0 54	3 32 9	0 75	3 12 2	0 28	2 18 6	0 40
4	5 1 0	1 13	14 11 1	0 22	12 5 9	0 56	3 14 9	0 75	3 18 8	0 26	2 9 1	0 41
5	5 28 2	1 12	14 16 5	0 19	11 52 5	0 58	2 57 0	0 74	3 24 9	0 23	1 59 2	0 43
6	5 54 9	1 10	14 21 1	0 16	11 38 6	0 60	2 39 2	0 73	3 30 5	0 21	1 48 9	0 44
7	6 21 2	1 08	14 24 8	0 12	11 24 3	0 61	2 21 7	0 72	3 35 5	0 18	1 38 3	0 46
8	6 47 0	1 05	14 27 8	0 09	11 9 6	0 63	2 4 4	0 71	3 39 9	0 16	1 27 4	0 47
9	7 12 3	1 03	14 29 9	0 06	10 54 5	0 64	1 47 3	0 70	3 43 7	0 14	1 16 2	0 48
10	7 37 1	1 01	14 31 3	0 03	10 39 0	0 66	1 30 4	0 69	3 47 0	0 11	1 4 7	0 49
11	8 1 3	0 99	14 31 9	0 01	10 23 3	0 67	1 13 9	0 68	3 49 6	0 09	0 52 9	0 50
12	8 25 0	0 96	14 31 8	0 04	10 7 2	0 68	0 57 7	0 66	3 51 7	0 06	0 40 9	0 51
13	8 48 0	0 94	14 30 9	0 07	9 50 8	0 69	0 41 7	0 65	3 53 1	0 04	0 28 7	0 52
14	9 10 5	0 91	14 29 3	0 10	9 34 1	0 70	0 26 1	0 64	3 54 0	0 01	0 16 2	0 53
15	9 32 3	0 88	14 26 9	0 13	9 17 2	0 71	+ 0 10 8	0 62	3 54 2	0 01	− 0 3 6	0 53
16	9 53 5	0 85	14 23 8	0 16	9 0 1	0 72	− 0 4 1	0 61	3 53 9	0 04	+ 0 9 1	0 54
17	10 14 0	0 83	14 20 1	0 19	8 42 8	0 73	0 18 6	0 59	3 53 0	0 06	0 22 0	0 54
18	10 33 8	0 80	14 15 6	0 22	8 25 3	0 74	0 32 7	0 57	3 51 6	0 09	0 35 0	0 54
19	10 52 9	0 77	14 10 4	0 24	8 7 6	0 74	0 46 5	0 56	3 49 5	0 11	0 48 0	0 54
20	11 11 3	0 74	14 4 6	0 27	7 49 7	0 75	0 59 8	0 54	3 46 9	0 13	1 1 0	0 55
21	11 28 9	0 70	13 58 0	0 30	7 31 7	0 76	1 12 8	0 52	3 43 8	0 15	1 14 1	0 54
22	11 45 8	0 67	13 50 9	0 33	7 13 6	0 76	1 25 3	0 50	3 40 1	0 18	1 27 2	0 54
23	12 1 9	0 64	13 43 0	0 35	6 55 4	0 76	1 37 3	0 49	3 35 9	0 20	1 40 2	0 54
24	12 17 2	0 60	13 34 6	0 38	6 37 0	0 77	1 49 0	0 47	3 31 2	0 22	1 53 1	0 53
25	12 31 7	0 57	13 25 5	0 40	6 18 6	0 77	2 0 2	0 48	3 26 0	0 24	2 6 0	0 53
26	12 45 4	0 54	13 15 8	0 43	6 0 2	0 77	2 10 9	0 43	3 20 3	0 26	2 18 6	0 52
27	12 58 3	0 50	13 5 5	0 45	5 41 7	0 77	2 21 1	0 41	3 14 1	0 28	2 31 2	0 52
28	13 10 3	0 47	12 54 7	0 48	5 23 2	0 77	2 30 9	0 39	3 7 5	0 30	2 43 6	0 51
29	13 21 6	0 43	12 43 3	0 50	5 4 7	0 77	2 40 2	0 37	3 0 4	0 31	2 55 8	0 50
30	13 31 9	0 40			4 46 2	0 77	2 48 9	0 34	2 52 9	0 33	3 7 8	0 49
31	13 41 4	0 36			4 27 8	0 77			2 44 9	0 35		

Tag.	Juli.	1 st.	August.	1 st.	September.	1 st.	October.	1 st.	November.	1 st.	December.	1 st.
1	+ 3m 19s 6	0s 48	+ 6m 3s 3	0s 15	+ 0m 3s 2	0s 78	— 10m 8s 1	0s 80	— 16m 16s 1	0s 06	— 10m 58s 3	0s 94
2	3 31 1	0 47	5 59 8	0 17	— 0 15 6	0 79	10 27 2	0 79	16 17 6	0 03	10 35 7	0 97
3	3 42 4	0 46	5 55 7	0 20	0 34 7	0 81	10 46 1	0 77	16 18 2	0 01	10 12 5	1 00
4	3 53 4	0 45	5 51 1	0 22	0 54 0	0 82	11 4 6	0 76	16 17 9	0 04	9 48 7	1 02
5	4 4 1	0 43	5 45 8	0 24	1 13 6	0 82	11 22 8	0 74	16 16 9	0 08	9 24 3	1 04
6	4 14 4	0 42	5 39 9	0 27	1 33 3	0 83	11 40 6	0 73	16 15 0	0 11	8 59 2	1 07
7	4 24 5	0 41	5 33 5	0 29	1 53 3	0 84	11 58 0	0 71	16 12 3	0 15	8 33 6	1 09
8	4 34 2	0 39	5 26 5	0 32	2 13 5	0 85	12 15 0	0 69	16 8 6	0 19	8 7 5	1 11
9	4 43 6	0 37	5 18 9	0 34	2 33 8	0 85	12 31 6	0 67	16 4 2	0 22	7 40 9	1 13
10	4 52 6	0 36	5 10 8	0 36	2 54 3	0 86	12 47 7	0 65	15 58 9	0 26	7 13 9	1 15
11	5 1 2	0 34	5 2 1	0 39	3 14 9	0 86	13 3 3	0 63	15 52 7	0 29	6 46 3	1 16
12	5 9 3	0 32	4 52 9	0 41	3 35 6	0 87	13 18 4	0 61	15 45 7	0 33	6 18 4	1 18
13	5 17 1	0 31	4 43 1	0 43	3 56 4	0 87	13 33 1	0 59	15 37 8	0 36	5 50 2	1 19
14	5 24 4	0 29	4 32 7	0 45	4 17 3	0 87	13 47 2	0 57	15 29 1	0 40	5 21 5	1 21
15	5 31 3	0 27	4 21 9	0 48	4 38 3	0 88	14 0 8	0 54	15 19 5	0 43	5 52 6	1 22
16	5 37 6	0 25	4 10 5	0 50	4 59 3	0 88	14 13 8	0 52	15 9 1	0 47	4 23 5	1 22
17	5 43 5	0 22	3 58 6	0 52	5 20 4	0 88	14 26 3	0 50	14 57 8	0 50	3 54 1	1 23
18	5 48 9	0 20	3 46 1	0 54	5 41 4	0 88	14 38 3	0 47	14 45 8	0 54	3 24 6	1 24
19	5 53 7	0 18	3 33 2	0 56	6 2 5	0 88	14 49 6	0 45	14 32 9	0 57	2 54 9	1 24
20	5 58 0	0 16	3 19 7	0 58	6 23 5	0 88	15 0 3	0 42	14 19 2	0 60	2 25 0	1 25
21	6 1 7	0 13	3 5 7	0 60	6 44 6	0 87	15 10 4	0 40	14 4 8	0 64	1 55 1	1 25
22	6 4 8	0 11	2 51 3	0 62	7 5 5	0 87	15 19 9	0 37	13 49 5	0 67	1 25 2	1 25
23	6 7 4	0 08	2 36 3	0 64	7 26 4	0 87	15 28 7	0 34	13 33 5	0 70	0 55 2	1 25
24	6 9 4	0 06	2 20 9	0 66	7 47 2	0 86	15 36 8	0 31	13 16 6	0 73	0 25 3	1 25
25	6 10 8	0 03	2 5 1	0 68	8 7 9	0 86	15 44 3	0 28	12 59 1	0 76	+ 0 4 6	1 24
26	6 11 5	0 01	1 48 8	0 70	8 28 4	0 85	15 51 1	0 25	12 40 7	0 79	0 34 5	1 24
27	6 11 7	0 02	1 32 2	0 71	8 48 8	0 84	15 57 1	0 22	12 21 7	0 83	1 4 2	1 23
28	6 11 2	0 05	1 15 1	0 73	9 8 9	0 83	16 2 5	0 19	12 1 9	0 85	1 33 7	1 23
29	6 10 2	0 07	0 57 6	0 74	9 28 9	0 82	16 7 0	0 16	11 41 4	0 88	2 3 1	1 22
30	6 8 5	0 10	0 39 8	0 76	9 48 6	0 81	16 10 8	0 12	11 20 2	0 91	2 32 4	1 21
31	6 6 2	0 12	0 21 6	0 77			16 13 9	0 09			3 1 3	1 20
											3 30 1	1 19

Tafel V.

Halbmesser der Sonne im mittleren Mittage des 1. und 16. Tages jedes Monats im Jahre 1859.

Monat.	Datum.	Halbmesser.	Monat.	Datum.	Halbmesser.
Januar . . .	1	16′ 18″ 2	Juli	1	15′ 46″ 0
„	16	16 17 7	„	16	15 46 4
Februar . . .	1	16 15 8	August . .	1	15 47 8
„	16	16 13 1	„	16	15 50 2
März	1	16 10 2	September	1	15 53 5
„	16	16 6 4	„	16	15 57 3
April	1	16 1 9	October . .	1	16 1 3
„	16	15 57 9	„	16	16 5 5
Mai	1	15 54 0	November	1	16 9 6
„	16	15 50 9	„	16	16 13 1
Juni	1	15 48 2	December	1	16 15 8
„	16	15 46 6	„	16	16 17 6

Tafel VI.

Die Rectascension und Declination der vorzüglichsten Fixsterne für den 1. Januar 1859.

Namen des Sternbildes und Zeichen des Sterns.	Eigennamen.	Grösse.	Rectascension.	Jährliche Veränderung.	Declination.	Jährliche Veränderung.
α Andromedae	Alpheratz oder Sirah	2	0h 1m 6s 30	+ 3s 084	N 28° 18′ 42″ 7	+ 19″ 901
γ Pegasi	Algenib oder Mirfak (im Pegasus)	3 2	0 5 58 66	3 080	N 14 23 58 1	20 030
α Cassiopeae	Schedir	var.	0 32 31 74	3 356	N 55 45 48 4	19 814
β Ceti	Deneb-Kaitos	2	0 36 30 52	3 013	S 18 45 40 9	19 822
α Ursae minoris (Polaris)	Polarstern	2	1 7 43 90	18 711	N 88 33 28 2	19 185
α Eridani	Achernar	1	1 32 27 43	2 236	S 57 57 14 2	18 433
α Arietis (Widder)	Hamal	2	1 59 13 90	3 364	N 22 47 37 2	17 251
α Ceti (Wallfisch)	Menkar	2 3	2 54 54 65	3 126	N 3 32 1 99	14 381
α Persei	Algenib (im Perseus)	2	3 14 16 48	4 243	N 49 21 19 7	13 220
η Tauri	Alcyone	3	3 39 6 48	3 550	N 23 39 56 9	11 505
α Tauri (Stier)	Aldebaran	1	4 27 50 00	3 434	N 16 13 20 0	7 673
α Aurigae (Fuhrmann)	Capella	1	5 6 16 71	4 419	N 45 50 58 5	4 225
β Orionis	Rigel	1	5 7 45 74	2 880	S 8 22 4 5	4 509
Tauri	Nath	2	5 17 22 83	3 786	N 28 29 2 1	3 508
δ Orionis	Al.-lekat	2	5 24 48 27	3 064	S 0 24 25 7	3 028

Namen des Sternbildes und Zeichen des Sterns.	Eigennamen.	Grösse.	Rectascension.	Jährliche Veränderung.	Declination.	Jährliche Veränderung.
α Leporis	Arneb	3	5h 26m 30s 75	+ 2″ 646	S 17° 55′ 34″ 3	+ 2″ 923
ε Orionis	Mintakab	2	5 29 3 56	3 041	S 1 17 43 9	2 682
α Columbae (Taube)		2	5 34 32 77	2 178	S 34 9 4 4	2 222
α Orionis	Betelgeuze	var.	5 47 32 32	3 246	N 7 22 36 96	1 084
α Argus	Canopus	1	6 20 49 45	1 330	S 52 37 11 9	— 1 820
α Canis majoris (Gross.Hund)	Sirius	1	6 38 56 19	2 645	S 16 31 33 5	4 617
ε Canis majoris	Adara	2 1	6 53 5 09	2 358	S 28 46 59 1	4 616
α² Geminorum (Zwillinge)	Castor	2 1	7 25 35 88	3 843	N 32 11 36 6	7 395
α Canis minoris	Procyon	1	7 31 55 09	3 145	N 5 35 0 2	8 863
β Geminorum (Zwillinge)	Pollux	1 2	7 36 40 96	3 683	N 28 21 46 8	8 272
ι Ursae majoris	El. Kaphzah	3	8 49 32 06	4 145	N 48 35 31 6	13 796
α Hydrae (Wasserschlange)	Alphard	2	9 20 39 45	2 949	S 8 2 58 3	15 369
α Leonis (Löwe)	Regulus	1 2	10 0 51 55	3 203	N 12 39 16 8	17 398
α Ursae majoris (Gross. Bär)	Dubhe	2	10 54 59 70	3 774	N 62 30 39 95	19 343
δ Leonis	Zosma	2 3	11 6 36 28	3 204	N 21 17 43 8	19 659
β Leonis (Löwe)	Denebola	2	11 41 51 86	3 066	N 15 21 36 5	20 095
γ Ursae majoris (Gross. Bär)	Phagd	2 3	11 46 23 80	3 194	N 54 28 43 1	20 025
α¹ Crucis (Kreuz)		1	12 18 46 83	3 258	S 62 18 58 9	19 937
α Virginis (Jungfrau)	Spica	1	13 17 46 09	3 149	S 10 25 27 1	18 950

η Ursae majoris (Gross. Bär)	Benetnasch	2	13 41 58 82	2 374	N 50 1 5 5	— 18 125
η Bootis	Muphrid	3	13 47 58 23	2 858	N 19 6 21 5	18 224
α Bootis (Bärenhüter) . . .	Arcturus	1	14 9 13 83	2 734	N 19 55 5 5	18 928
α² Centauri		1	14 30 3 98	4 027	S 60 14 53 6	15 066
ε Bootis	Micar oder Mirac	2 3	14 38 49 69	2 619	N 27 40 13 9	15 424
α² Librae (Waage)	Zuben el genubi	2 3	14 43 4 98	3 304	S 15 27 12 1	15 246
β Ursae minoris	Kochab	2	14 51 9 66	— 0 260	N 74 43 53 5	14 754
β Librae	Zuben es schemali	2	15 9 25 36	+ 3 218	S 8 51 35 8	13 600
α Coronae borealis (N. Krone)	Gemma	2	15 28 43 08	2 538	N 27 11 29 5	12 369
α Serpentis (Schlange) . . .	Unuk	2 3	15 37 19 42	2 949	N 6 52 19 1	11 636
β¹ Scorpii	Dschebhah el akrab	2	15 57 14 56	3 476	S 19 24 57 7	10 254
δ Ophiuchi	Yed	3	16 6 57 49	3 135	S 3 19 41 5	9 617
α Scorpii (Scorpion)	Antares	1 2	16 20 46 01	3 665	S 26 6 55 0	8 442
η Draconis (Drache)	Al. auhakán	3 2	16 22 5 80	0 822	N 61 50 3 4	8 229
α Trianguli australis		2	16 33 46 52	6 272	S 68 45 42 6	7 441
α Herculis	Ras-al-gethi	var.	17 8 13 09	2 732	N 14 33 14 76	4 447
β Draconis (Drache)	El awaid.	3 2	17 27 14 84	1 350	N 52 24 25 9	2 853
α Ophiuchi (Schlangenträger)	Ras-al-hague.	2	17 28 23 36	2 781	N 12 39 56 8	2 965
γ Draconis (Drache)	Etamin	2 3	17 53 19 96	1 192	N 51 30 24 8	0 622
α Lyrae (Leyer)	Wega	1	18 32 9 82	2 030	N 38 39 17 1	+ 3 094
β Lyrae	Sheliak	var.	18 44 52 38	2 212	N 33 12 4 3	3 876
ζ Aquilae	Dheneb el okab	3	18 58 55 64	2 752	N 13 39 24 96	5 029
γ Aquilae	Tarazed	3	19 39 33 29	2 852	N 10 16 21 1	8 446
α Aquilae (Adler)	Altair	1 2	19 43 54 14	2 298	N 8 29 56 0	9 167

Namen des Sternbildes und Zeichen des Sterns.	Eigennamen.	Grösse.	Rectascension.	Jährliche Veränderung.	Declination.	Jährliche Veränderung.
α Pavonis (Pfau)		2	20 14 28 40	4 802	S 57 10 55 8	+ 11 076
α Cygni (Schwan)	Deneb	2 1	20 36 37 49	2 043	N 44 46 41 5	12 666
α Cephei	Alderamin	3 2	21 15 12 70	1 438	N 61 59 20 2	15 098
β Aquarii	Kalpeny	3	21 24 7 95	3 163	S 6 11 21 6	15 600
β Cephei	El Phirk	3	21 26 49 57	0 803	N 69 56 31 5	15 700
ε Pegasi	Enif	2 3	21 37 15 62	2 948	N 9 13 49 3	16 293
α Aquarii (Wassermann)	Sad-al-melik	3	21 58 32 37	3 083	S 1 0 12 2	17 293
α Gruis (Kranich)		2	21 59 19 76	3 819	S 47 38 28 89	17 159
α Piscis Australis (S. Fisch)	Fomalhaut	1 2	22 49 51 01	3 331	S 30 22 6 9	18 950
α Pegasi	Markab	2	22 57 44 32	2 983	N 14 26 50 7	19 299

II.

H ü l f s t a f e l n.

VII. Vergleichung der gebräuchlichsten Barometer- und Thermometer-Scalen.
VIII. Kimmtiefe.
IX. Mittlere Refraction.
X. Correction der mittleren Refraction für Temperatur.
XI. Correction der mittleren Refraction für Barometer.
XII. Höhenparallaxe der Sonne.
XIII. Höhenparallaxe der Planeten.
XIV. Verkürzung des verticalen Halbmessers der Sonne und des Mondes durch Refraction.
XV. Vergrösserung des Halbmessers des Mondes.
XVI. Verkürzung des Halbmessers von Sonne und Mond in schräger Richtung.
XVII. Correction der Werthe in Tafel XVI, wenn der Halbmesser grösser oder kleiner ist als 15′.40″.
XVIII. Correction der Höhe zur Berechnung der Höhenparallaxe des Mondes unter Berücksichtigung der Abplattung der Erde.
XIX. Correction der Horizontalparallaxe zur Berechnung der Höhenparallaxe unter Berücksichtigung der Abplattung der Erde.
XX. Seitenparallaxe des Mondes als Folge der Abplattung der Erde.
XXI. Correction der Monddistanz, wegen Seitenparallaxe des Mondes.
XXII. Tafel zur Zeitbestimmung aus gleichen Höhen.
XXIII. Verwandlung der Aequatorbogen in Zeit.
XXIV. Verwandlung von Zeit in Bogen.
XXV. Zur Verwandlung der Sternzeit in mittlere Sonnenzeit.
XXVI. Zur Verwandlung der Sonnenzeit in Sternzeit.
XXVII. Aus der wahren Zeit des Auf- und Unterganges eines Gestirns die Zeit des scheinbaren Auf- und Untergangs zu finden.
XXVIII. Aus der wahren Morgen- und Abendweite die scheinbare Morgen- und Abendweite zu finden.
XXIX. Winkel der Striche und Viertelstriche des Compasses mit dem Meridian.

Tafel VII. Zur Vergleichung der gebräuchlichsten Barometer- und Thermometer-Scalen.

Barometer.

Par. Maass.	Millimeter.	Engl. Zoll.
26″ 3‴	710 6	27″ 99
4	712 9	28 07
5	715 1	28 16
6	717 4	28 25
7	719 6	28 34
8	721 9	28 43
9	724 1	28 52
10	726 4	28 61
11	728 6	28 70
27 0	730 9	28 79
1	733 1	28 87
2	735 4	28 96
3	737 7	29 05
4	739 9	29 14
5	742 2	29 23
6	744 4	29 32
7	746 7	29 41
8	748 9	29 50
9	751 2	29 58
10	753 5	29 67
11	755 7	29 76
28 0	758 0	29 85
1	760 2	29 94
2	762 5	30 03
3	764 7	30 12
4	767 0	30 21
5	769 2	30 30
6	771 5	30 38
7	773 8	30 47
8	776 0	30 56
9	778 3	30 65
10	780 5	30 74
11	782 8	30 83
29 0	785 0	30 92
1	787 3	31 01
2	789 5	31 10

Thermometer.

Réaumur.	Centigr.	Fahrenheit.
— 16°	— 20° 0	— 4° 0
15	18 8	— 1 8
14	17 5	+ 0 5
13	16 3	2 8
12	15 0	5 0
11	13 8	7 3
10	12 5	9 5
9	11 3	11 8
8	10 0	14 0
7	8 8	16 3
6	7 5	18 5
5	6 3	20 8
4	5 0	23 0
3	3 8	25 3
2	2 5	27 5
— 1	— 1 3	29 8
0	0 0	32 0
+ 1	+ 1 3	34 3
2	2 5	36 5
3	3 8	38 8
4	5 0	41 0
5	6 3	43 3
6	7 5	45 5
7	8 8	47 8
8	10 0	50 0
9	11 3	52 3
10	12 5	54 5
11	13 8	56 8
12	15 0	59 0
13	16 3	61 3
14	17 5	63 5
15	18 8	65 8
16	20 0	68 0
17	21 3	70 3
18	22 5	72 5
19	23 8	74 8
20	25 0	77 0
21	26 3	79 3
22	27 5	81 5
23	28 8	83 8
24	30 0	86 0
25	31 3	88 3
26	32 5	90 5
27	33 8	92 8
+ 28	35 0	95 0

Barometer-Correction, betreffend die Refraction.

t Réaumur. Aeusseres Thermometer,
t′ Réaumur. Inneres Thermometer:

t — *t′*	Pariser Linien.
0″	0″ 00
1	0 07
2	0 14
3	0 20
4	0 27
5	0 34
6	0 41
7	0 48
8	0 54
9	0 61
10	0 68

Diese Correction hat mit *t* — *t′* dasselbe Zeichen.

x^0 Fahr. $= (x^0 - 32^0)\ ^5/_9$ Centigr.
$= (x^0 - 32^0)\ ^4/_9$ Réaum.

x^0 Centigr. $= (23^0 + \ ^9/_5\ x^0)$ Fahr.
$= \ ^4/_5\ x^0$ Réaum.

x^0 Réaum. $= (32^0 + \ ^9/_4\ x^0)$ Fahr.
$= \ ^5/_4\ x^0$ Centigr.

Tafel VIII.

Kimmtiefe.

a. Für eine freie Kimm.

Höhe in rheinl. Fussen.	Kimmtiefe.	Höhe in rheinl. Fussen.	Kimmtiefe.
0	0′ 0″	23	4′ 48″
1	1 0	24	4 54
2	1 25	25	5 0
3	1 44	26	5 6
4	2 0	27	5 12
5	2 14	28	5 17
6	2 27	29	5 23
7	2 39	30	5 29
8	2 50	31	5 34
9	3 0	32	5 39
10	3 10	33	5 45
11	3 19	34	5 50
12	3 28	35	5 55
13	3 36	36	6 0
14	3 44	37	6 5
15	3 52	38	6 10
16	4 0	39	6 15
17	4 7	40	6 19
18	4 15	49	7 0
19	4 22	64	8 0
20	4 28	81	9 0
21	4 35	100	10 0
22	4 41		

b. Für eine Strandkimm.

Entfernung in Seemeilen.	Höhe des Auges über der See in Fussen.							
	5	10	15	20	25	30	35	40
	Winkel in Minuten.							
¼	11	22	34	46	57	69	80	92
½	6	11	17	22	28	34	39	46
¾	4	8	12	15	19	23	27	30
1	4	6	9	12	15	17	20	23
1½	3	4	6	8	10	12	14	15
2	2	3	5	6	8	10	11	12
2½	2	3	5	6	7	8	9	10
3	2	3	4	5	6	7	8	8
3½	2	3	4	5	6	6	7	7
4	2	3	4	4	5	6	7	7
5	2	3	4	4	5	5	6	6
6	2	3	4	4	5	5	6	6

Tafel IX. Mittlere Refraction.

Scheinbare Höhe.	Refraction.		Scheinbare Höhe.	Refraction.		Scheinbare Höhe.	Refraction.	
0° 0′	34′ 54″ 1	124″9	7° 0′	7′ 19″ 7	9″2	14° 0′	3′ 47″ 4	5″3
10	32 49 2	116 9	10	7 10 5	8 8	20	3 42 1	5 1
20	30 52 3	108 8	20	7 1 7	8 4	40	3 37 0	4 9
30	29 3 5	100 8	30	6 53 3	8 2	15 0	3 32 1	4 7
40	27 22 7	92 9	40	6 45 1	7 9	20	3 27 4	4 5
50	25 49 8	85 2	50	6 37 2	7 6	40	3 22 9	4 3
1 0	24 24 6	77 9	8 0	6 29 6	7 3	16 0	3 18 6	4 1
10	23 6 7	71 1	10	6 22 3	7 1	20	3 14 5	4 0
20	21 55 6	64 7	20	6 15 2	6 8	40	3 10 5	3 9
30	20 50 9	59 0	30	6 8 4	6 6	17 0	3 6 6	3 7
40	19 51 9	53 9	40	6 1 8	6 4	20	3 2 9	3 6
50	18 58 0	49 4	50	5 55 4	6 1	40	2 59 3	3 5
2 0	18 8 6	45 6	9 0	5 49 3	6 0	18 0	2 55 8	3 3
10	17 23 0	42 3	10	5 43 3	5 7	20	2 52 5	3 2
20	16 40 7	39 8	20	5 37 6	5 6	40	2 49 3	3 2
30	16 0 9	37 5	30	5 32 0	5 5	19 0	2 46 1	3 0
40	15 23 4	35 6	40	5 26 5	5 2	20	2 43 1	2 9
50	14 47 8	33 2	50	5 21 3	5 1	40	2 40 2	2 9
3 0	14 14 6	30 9	10 0	5 16 2	5 0	20 0	2 37 3	2 8
10	13 43 7	28 7	10	5 11 2	4 8	20	2 34 5	2 6
20	13 15 0	26 7	20	5 6 4	4 7	40	2 31 9	2 6
30	12 48 3	24 6	30	5 1 7	4 5	21 0	2 29 3	2 5
40	12 23 7	23 0	40	4 57 2	4 4	20	2 26 8	2 5
50	12 0 7	21 8	50	4 52 8	4 3	40	2 24 3	2 4
4 0	11 38 9	20 6	11 0	4 48 5	4 2	22 0	2 21 9	2 3
10	11 18 3	19 7	10	4 44 3	4 1	20	2 19 6	2 2
20	10 58 6	19 0	20	4 40 2	3 9	40	2 17 4	2 2
30	10 39 6	18 4	30	4 36 3	3 9	23 0	2 15 2	2 2
40	10 21 2	17 9	40	4 32 4	3 7	20	2 13 0	2 1
50	10 3 3	16 8	50	4 28 7	3 7	40	2 10 9	2 0
5 0	9 46 5	15 6	12 0	4 25 0	3 6	24 0	2 8 9	1 9
10	9 30 9	14 9	10	4 21 4	3 4	20	2 7 0	1 9
20	9 16 0	14 1	20	4 18 0	3 4	40	2 5 1	1 9
30	9 1 9	13 5	30	4 14 6	3 3	25 0	2 3 2	1 8
40	8 48 4	12 8	40	4 11 3	3 2	20	2 1 4	1 8
50	8 35 6	12 3	50	4 8 1	3 2	40	1 59 6	1 8
6 0	8 23 3	11 7	13 0	4 4 9	3 1	26 0	1 57 8	1 7
10	8 11 6	11 3	10	4 1 8	3 0	20	1 56 1	
20	8 0 3	10 8	20	3 58 8	2 9			
30	7 49 5	10 3	30	3 55 9	2 9			
40	7 39 2	10 0	40	3 53 0	2 8			
50	9 29 2	9 5	50	3 50 2	2 8			
7 0	7 19 7		14 0	3 47 4				

Tafel IX. Mittlere Refraction.

Scheinbare Höhe.	Refraction.	
26°20′	1′ 56″ 1	1 7
40	1 54 4	1 6
27 0	1 52 8	1 6
20	1 51 2	1 5
40	1 49 7	1 5
28 0	1 48 2	1 5
20	1 46 7	1 4
40	1 45 3	1 5
29 0	1 43 8	1 4
20	1 42 4	1 4
40	1 41 0	1 3
30 0	1 39 7	1 3
20	1 38 4	1 3
40	1 37 1	1 3
31 0	1 35 8	1 3
20	1 34 5	1 2
40	1 33 3	1 2
32 0	1 32 1	1 2
20	1 30 9	1 1
40	1 29 8	1 1
33 0	1 28 7	1 1
20	1 27 6	1 1
40	1 26 5	1 1
34 0	1 25 4	1 1
20	1 24 3	1 0
40	1 23 3	1 0
35 0	1 22 3	1 0
20	1 21 3	1 0
40	1 20 3	

Scheinbare Höhe.	Refraction.	
35°40′	1′ 20″ 3	1 0
36 0	1 19 3	1 0
20	1 18 3	0 9
40	1 17 4	0 9
37 0	1 16 5	0 9
20	1 15 6	0 9
40	1 14 7	0 9
38 0	1 13 8	0 9
20	1 12 9	0 9
40	1 12 0	0 8
39 0	1 11 2	0 9
20	1 10 3	0 8
40	1 9 5	0 8
40 0	1 8 7	0 8
20	1 7 9	0 8
40	1 7 1	0 8
41 0	1 6 3	0 8
20	1 5 5	0 8
40	1 4 7	0 7
42 0	1 4 0	2 2
43	61 8	2 1
44	59 7	2 0
45	57 7	2 0
46	55 7	1 9
47	53 8	1 9
48	51 9	1 7
49	50 2	1 8
50	48 4	1 7
51	46 7	1 6
52	45 1	

Scheinbare Höhe.	Refraction.	
52	45 1	1 6
53	43 5	1 6
54	41 9	1 5
55	40 4	1 5
56	38 9	1 4
57	37 5	1 4
58	36 1	1 4
59	34 7	1 4
60	33 3	1 3
61	32 0	1 3
62	30 7	1 3
63	29 4	1 2
64	28 2	1 3
65	26 9	1 2
66	25 7	1 2
67	24 5	1 2
68	23 3	1 1
69	22 2	1 2
70	21 0	1 1
71	19 9	1 1
72	18 8	1 1
73	17 7	1 1
74	16 6	1 1
75	15 5	1 0
76	14 5	1 1
77	13 4	1 1
78	12 3	1 1
79	11 2	1 0
80	10 2	1 1
81	9 1	1 0
82	8 1	4 0
86	4 1	4 1
90	0 0	

Tafel X.

Correction der mittleren Refraction für Temperatur.

Thermometer Réaumur.	Mittlere Refraction. 1′	2′	3′	4′	5′	6′	7′	8′	9′	10′	11′	12′	13′	14′	15′	16′	17′	18′
− 13°	+ 6″	+12″	+19″	+25″	+32″	+39″	+46″	+53″	+61″	+69″	+78″	+86″	+95″	+105″	+114″	+124″	+135″	+146″
12	6	12	18	24	30	37	43	50	58	65	73	82	90	99	108	118	127	138
11	6	11	17	22	28	34	41	48	54	62	69	77	85	93	102	111	120	130
10	5	10	16	21	27	32	38	45	51	58	65	72	80	88	96	104	113	122
9	5	10	15	20	25	30	36	42	48	54	61	68	75	82	90	98	106	114
8	5	9	14	18	23	28	34	39	45	51	57	63	70	77	84	91	99	106
7	4	8	13	17	22	26	31	36	42	47	53	59	65	71	78	85	92	99
6	4	8	12	16	20	24	29	34	38	44	49	54	60	66	72	78	85	91
5	4	7	11	15	18	22	27	31	35	40	45	50	55	61	66	72	78	84
4	3	7	10	13	17	20	24	28	32	37	41	46	50	55	60	66	71	77
3	3	6	9	12	15	19	22	26	29	33	37	41	46	50	55	59	64	69
2	3	5	8	11	14	17	20	23	26	30	33	37	41	45	49	53	58	62
1	2	5	7	10	12	15	17	20	23	26	30	33	36	40	43	47	51	55
0	2	4	6	8	11	13	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41	45	48
+ 1	2	4	5	7	9	11	13	15	17	20	22	25	27	30	33	35	38	41
2	1	3	4	6	8	9	11	13	14	16	18	20	23	25	27	29	32	34
3	1	2	4	5	6	7	9	10	12	13	15	16	18	20	22	24	26	28
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	21

+ 5	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14
6	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	7	7	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
8	— 0	— 0	— 1	— 1	— 1	— 2	— 2	— 2	— 2	— 3	— 3	— 3	— 4	— 4	— 4	— 5	— 5	— 5
9	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	9	10	11	12
10	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18
11	1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	15	16	18	19	21	22	24
12	1	3	4	5	7	8	10	11	13	15	16	18	20	22	24	26	28	30
13	2	3	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	29	31	34	37
14	2	4	6	8	10	12	14	16	18	21	23	26	28	31	34	37	40	43
15	2	4	6	9	11	13	16	18	21	24	26	29	32	35	38	42	45	49
16	2	5	7	10	12	15	18	20	23	26	30	33	36	40	43	47	51	55
17	3	5	8	11	14	16	20	23	26	29	33	36	40	44	48	52	56	60
18	3	6	9	12	15	18	21	25	28	32	36	40	44	48	52	57	62	66
19	3	6	9	13	16	20	23	27	31	35	39	43	48	52	57	62	67	72
20	3	7	10	14	17	21	25	29	33	38	42	47	52	56	62	67	72	78
21	4	7	11	15	19	23	27	31	36	40	45	50	55	61	66	72	77	83
22	4	8	12	16	20	24	29	33	38	43	48	54	59	65	70	76	83	89
23	4	8	12	17	21	26	31	35	41	46	51	57	63	69	75	81	88	95
24	4	9	13	18	22	27	32	38	43	48	54	60	66	73	79	86	93	100
25	5	9	14	19	24	29	34	40	45	51	57	63	70	77	84	91	98	106
26	5	10	15	20	25	30	36	42	48	54	60	67	74	81	88	95	103	111
27	5	10	15	21	26	32	38	44	50	56	63	70	77	85	92	100	108	116
28	5	11	16	22	27	33	39	46	52	59	66	73	81	88	96	104	113	122

Tafel XI.

Correction der mittleren Refraction für Barometer.

Barometer. Par. M.	Mittlere Refraction-Correction für Temperatur.																	
	1′	2′	3′	4′	5′	6′	7′	8′	9′	10′	11′	12′	13′	14′	15′	16′	17′	18′
26″ 3‴	— 3″	— 7″	— 10″	— 13″	— 16″	— 20″	— 23″	— 26″	— 30″	— 33″	— 37″	— 40″	— 44″	— 47″	— 51″	— 54″	— 58″	— 61″
4	3	6	9	12	16	19	22	25	28	31	35	38	41	44	48	51	54	58
5	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
6	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	31	34	36	39	42	45	48	51
7	3	5	8	10	13	15	18	21	23	26	29	31	34	37	39	42	45	48
8	2	5	7	10	12	14	17	19	22	24	27	29	32	34	37	39	42	44
9	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	32	34	36	39	41
10	2	4	6	8	10	12	14	16	18	21	23	25	27	29	31	33	36	38
11	2	4	6	7	9	11	13	15	17	19	21	23	24	26	28	30	32	34
27 0	2	3	5	7	8	10	12	13	15	17	19	20	22	24	26	27	29	31
1	1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	17	18	20	21	23	24	26	28
2	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	15	16	17	19	20	21	23	24
3	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	19	20	21
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	13	14
6	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7	7	8	8	9	10	10	11

7	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8
8	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
10	+ 0	+ 0	+ 0	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 3
11	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6
28 0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
1	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	13
2	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19
4	1	2	4	5	6	7	9	10	11	12	14	15	16	17	19	20	21	23
5	1	3	4	6	7	8	10	11	13	14	16	17	19	20	22	23	25	26
6	2	3	5	6	8	10	11	13	14	16	18	19	21	23	24	26	28	29
7	2	4	5	7	9	11	12	14	16	18	20	21	23	25	27	29	31	33
8	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
9	2	4	6	8	11	13	15	17	19	21	24	26	28	30	33	35	37	40
10	2	5	7	9	12	14	16	19	21	23	26	28	30	33	35	38	40	43
11	2	5	7	10	12	15	17	20	23	25	28	30	33	36	38	41	44	46
29 0	3	5	8	11	13	16	19	21	24	27	30	32	35	38	41	44	47	50
1	3	6	9	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53
2	3	6	9	12	15	18	21	24	27	31	34	37	40	43	46	50	53	56

Tafel XII.

Höhen-Parallaxe der Sonne.

Monat.	Höhe.										Monat.
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
Januar .	9″	9″	8″	8″	7″	6″	4″	3″	2″	0″	December.
Februar .	9	9	8	8	7	6	4	3	2	0	November.
März .	9	8	8	7	7	6	4	3	1	0	October.
April . .	9	8	8	7	7	5	4	3	1	0	September.
Mai . . .	8	8	8	7	6	5	4	3	1	0	August.
Juni . . .	8	8	8	7	6	5	4	3	1	0	Juli.

Tafel XIII.

Höhen-Parallaxe der Planeten.

Horizontal-Parallaxe.	Höhe.									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1″	1″	1″	1″	1″	1″	1″	1″	0″	0″	0″
2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0
3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	0
4	4	4	4	3	3	3	2	1	1	0
5	5	5	5	4	4	3	3	2	1	0
6	6	6	6	5	5	4	3	2	1	0
7	7	7	7	6	5	5	4	2	1	0
8	8	8	8	7	6	5	4	3	1	0
9	9	9	8	8	7	6	5	3	2	0
10	10	10	9	9	8	6	5	3	2	0
20	20	20	19	17	15	13	10	7	3	0

Tafel XIV.

Verkürzung des verticalen Sonnen- und Mondhalbmessers durch Refraction.

Scheinbare Höhe.	Unterer Rand.							Oberer Rand.						
	Halbmesser.							Halbmesser.						
	14′	15′			16′			14′	15′			16′		
	40″	0″	20″	40″	0″	20″	40″	40″	0″	20″	40″	0″	20″	40″
2° 0′	66″	67″	69″	70″	71″	73″	74″	74″	76″	78″	80″	81″	83″	85″
10	61	62	64	65	67	68	69	68	70	72	73	75	76	78
20	57	58	60	61	62	64	65	63	65	66	68	69	71	72
30	54	55	56	58	59	60	61	59	61	62	63	65	66	67
40	51	52	53	54	55	56	57	56	57	58	60	61	62	63
50	47	48	50	51	52	53	54	52	54	55	56	57	58	60
3 0	44	45	46	47	48	49	50	49	50	51	53	54	55	56
10	41	42	43	44	45	46	47	46	47	48	49	50	51	52
20	38	39	40	41	42	43	44	43	44	45	46	47	48	49
30	36	37	37	38	39	40	41	40	41	42	43	44	44	45
40	34	34	35	36	37	37	38	37	38	39	40	41	42	42
50	32	32	33	34	35	35	36	35	36	36	37	38	39	40
4 0	30	31	32	32	33	34	34	33	33	34	35	36	36	37
20	27	28	28	29	30	30	31	29	30	31	31	32	33	33
40	25	25	26	26	27	27	28	27	27	28	28	29	30	30
5 0	22	23	23	24	24	25	25	24	25	25	26	26	27	27
20	20	21	21	22	22	23	23	22	22	23	23	24	24	25
40	18	19	19	20	20	21	21	20	20	21	21	22	22	23
6 0	17	17	18	18	18	19	19	18	18	19	19	20	20	21
20	16	16	16	17	17	18	18	17	17	17	18	18	19	19
40	14	15	15	15	16	16	16	15	16	16	16	17	17	17
7 0	13	13	14	14	14	15	15	14	14	15	15	15	16	16
20	12	13	13	13	13	14	14	13	13	14	14	14	14	15
40	11	12	12	12	12	13	13	12	12	13	13	13	14	14
8 0	11	11	11	11	12	12	12	11	11	12	12	12	13	13
9 0	9	9	9	9	9	10	10	9	9	9	10	10	10	10
10 0	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9
11 0	6	6	6	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7
12 0	5	5	5	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6
13 0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14 0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
15 0	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20 0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
30 0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40 0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
50 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tafel XV.

Vergrösserung des Halbmessers des Mondes.

Halbmesser.	Höhe 0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	70°	80°	90°
14′ 40″	0″	1″	2″	4″	5″	6″	7″	8″	9″	10″	11″	11″	12″	13″	14	14
15 0	0	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14	14	14
15 20	0	1	3	4	5	6	8	9	10	11	12	12	13	14	15	15
15 40	0	1	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15	16
16 0	0	1	3	4	6	7	8	9	11	12	13	13	14	15	16	16
16 20	0	1	3	4	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	17
16 40	0	2	3	5	6	8	9	10	11	13	14	15	15	17	18	18

Tafel XVI.

Verkürzung des Sonnen- und Mondhalbmessers in schräger Richtung.

Halbmesser = 15′ 40.

Scheinbare Höhe.		Winkel mit dem Verticalkreise.																
		0° 180	10° 170	15° 165	20° 160	25° 155	30° 150	35° 145	40° 140	45° 135	50° 130	55° 125	60° 120	65° 115	70° 110	75° 105	80° 100	90° 90
2°	0′	70″	68″	65″	62″	57″	53″	47″	41″	35″	29″	23″	18″	12″	8″	5″	2″	0
	10	65	63	61	58	54	49	44	38	33	27	21	16	12	8	4	2	0
	20	61	59	57	54	50	46	41	36	31	25	20	15	11	7	4	2	0
	30	58	56	54	51	47	43	39	34	29	24	19	14	10	7	4	2	0
	40	54	52	50	48	44	41	36	32	27	22	18	14	10	6	4	2	0
	50	51	49	47	45	42	38	34	30	25	21	17	13	9	6	3	2	0
3	0	47	46	44	42	39	36	32	28	24	20	15	12	8	6	3	1	0
	10	44	43	41	39	36	33	30	26	22	18	14	11	8	5	3	1	0
	20	41	40	38	36	34	31	28	24	21	17	13	10	7	5	3	1	0
	30	38	37	36	34	31	29	26	23	19	16	13	10	7	5	3	1	0
	40	36	35	33	32	29	27	24	21	18	15	12	9	6	4	2	1	0
	50	34	33	32	30	28	25	23	20	17	14	11	8	6	4	2	1	0
4	0	32	31	30	28	26	24	22	19	16	13	11	8	6	4	2	1	0
	20	29	28	27	26	24	22	19	17	15	12	10	7	5	3	2	1	0
	40	26	25	24	23	22	20	18	15	13	11	9	7	5	3	2	1	0
5	0	24	23	22	21	19	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1	0
	20	22	21	20	19	18	16	15	13	11	9	7	5	4	3	1	1	0
	40	20	19	18	17	16	15	13	12	10	8	6	5	3	2	1	1	0

Fortsetzung s. f. S.

Tafel XVI.

Fortsetzung.

Scheinbare Höhe.		Winkel mit dem Verticalkreise.																
		0° 180	10° 170	15° 165	20° 160	25° 155	30° 150	35° 145	40° 140	45° 135	50° 130	55° 125	60° 120	65° 115	70° 110	75° 105	80° 100	90° 90
6	0	18	18	17	16		14	12	11	9	7	6	5	3	2	1	1	0
	20	17	16	16	15	14	13	11	10	8	7	6	4	3	2	1	1	0
	40	15	15	14	14	13	12	10	9	8	6	5	4	3	2	1	1	0
7	0	14	14	13	12	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0
	20	13	13	12	12	11	10	9	7	7	5	4	3	2	2	1	0	0
	40	12	12	11	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	0	0
8	0	11	11	11	10	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	0	0
9	0	9	9	9	8	8	7	6	5	5	4	3	2	2	1	1	0	0
10	0	8	7	7	7	6	6	5	5	4	3	3	2	1	1	1	0	0
11	0	7	6	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	0	0	0
12	0	6	5	5	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	0	0	0
13	0	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1	1	0	0	0
14	0	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0
15	0	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0
20	0	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
30	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tafel XVII.

Correction der Werthe der Tafel XVI., wenn der Halbmesser grösser oder kleiner ist als 15′ 40″.

Werth der Tafel. XVI.	Halbmesser.													
	14		15						16					
	40″	50″	0″	10″	20″	30″	40″	50″	0″	10″	20″	30″	40″	50″
0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″
10	— 1	— 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 1	+ 1	+ 1
20	1	1	— 1	— 1	0	0	0	0	0	0	+ 1	1	1	1
30	2	2	1	1	— 1	0	0	0	+ 1	+ 1	1	2	2	2
40	3	2	2	1	1	0	0	0	1	1	2	2	3	3
50	3	3	2	2	1	— 1	0	+ 1	1	2	2	3	3	4
60	4	3	3	2	1	1	0	1	1	2	3	3	4	4
70	4	4	3	2	1	1	0	1	1	2	3	4	4	5
80	5	4	3	3	2	1	0	1	2	3	3	4	5	6

Tafel XVIII. Correction der Höhe, zur Berechnung der Höhenparallaxe des Mondes mit Rücksicht auf die Abplattung der Erde.

Breite.	Azimuth des Mondes.															
	0°	10°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
0°	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′	+ 0′
5	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
10	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	0	0
15	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1	0
20	7	7	7	6	6	6	5	5	4	4	3	3	2	1	1	0
25	9	9	8	8	7	7	6	6	5	4	4	3	2	2	1	0
30	10	10	9	9	8	8	7	6	6	5	4	3	3	2	1	0
35	11	11	10	9	9	8	8	7	6	5	5	4	3	2	1	0
40	11	11	11	10	9	9	8	7	6	6	5	4	3	2	1	0
45	12	11	11	10	9	9	8	7	7	6	5	4	3	2	1	0
50	11	11	11	10	9	9	8	7	6	6	5	4	3	2	1	0
55	11	11	10	9	9	8	8	7	6	5	5	4	3	2	1	0
60	10	10	9	9	8	8	7	6	6	5	4	3	3	2	1	0
65	9	9	8	8	7	7	6	6	5	4	4	3	2	2	1	0
70	7	7	7	6	6	6	5	5	4	4	3	3	2	1	1	0
75	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1	0
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	180°	170°	160°	150°	145°	140°	135°	130°	125°	120°	115°	110°	105°	100°	95°	90°

Tafel XIX. Correction der Horizontalparallaxe, zur Berechnung der Höhenparallaxe des Mondes mit Rücksicht auf die Abplattung der Erde.

Breite.	Horizontalparallaxe.								
	53′	54′	55′	56′	57′	58′	59′	60′	61′
0°	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2
30	3	3	3	3	3	3	3	3	3
35	3	4	4	4	4	4	4	4	4
40	4	4	5	5	5	5	5	5	5
45	5	5	5	6	6	6	6	6	6
50	6	6	6	7	7	7	7	7	7
55	7	7	7	8	8	8	8	8	8
60	8	8	8	8	9	9	9	9	9
65	9	9	9	9	9	9	10	10	10
70	9	10	10	10	10	10	10	11	11
75	10	10	10	10	11	11	11	11	11

Tafel XX. Seitenparallaxe des Mondes, als Folge der Abplattung der Erde.

Breite.	Azimuth des Mondes. 0° 180	5° 175	10° 170	15° 165	20° 160	25° 155	30° 150	35° 145	40° 140	50° 130	60° 120	70° 110	80° 100	90° 90
0°	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0	0″ 0
5	0 0	0 2	0 3	0 5	0 7	0 8	1 0	1 1	1 3	1 5	1 7	1 9	2 0	2 0
10	0 0	0 3	0 7	1 0	1 4	1 7	2 0	2 3	2 5	3 0	3 4	3 7	3 9	3 9
15	0 0	0 5	1 0	1 5	2 0	2 4	2 9	3 3	3 7	4 4	5 0	5 4	5 7	5 8
20	0 0	0 6	1 3	1 9	2 5	3 1	3 7	4 2	4 8	5 7	6 4	7 0	7 3	7 4
25	0 0	0 8	1 5	2 3	3 0	3 7	4 4	5 1	5 7	6 8	7 6	8 3	8 7	8 8
30	0 0	0 9	1 7	2 6	3 4	4 2	5 0	5 7	6 4	7 6	8 6	9 4	9 8	10 0
35	0 0	1 0	1 9	2 8	3 7	4 6	5 4	6 2	7 0	8 3	9 4	10 2	10 7	10 8
40	0 0	1 0	2 0	2 9	3 9	4 8	5 7	6 5	7 3	8 7	9 8	10 7	11 2	11 4
45	0 0	1 0	2 0	3 0	3 9	4 9	5 8	6 6	7 4	8 8	10 0	10 8	11 4	11 5
50	0 0	1 0	2 0	2 9	3 9	4 8	5 7	6 5	7 3	8 7	9 8	10 7	11 2	11 4
55	0 0	1 0	1 9	2 8	3 7	4 6	5 4	6 2	7 0	8 3	9 4	10 2	10 7	10 8
60	0 0	0 9	1 7	2 6	3 4	4 2	5 0	5 7	6 4	7 7	8 7	9 4	9 8	10 0
65	0 0	0 8	1 5	2 3	3 0	3 7	4 4	5 1	5 7	6 8	7 7	8 3	8 7	8 8
70	0 0	0 7	1 3	1 9	2 5	3 1	3 7	4 3	4 8	5 7	6 4	7 0	7 3	7 4
75	0 0	0 5	1 0	1 5	2 0	2 4	2 9	3 3	3 7	4 4	5 0	5 4	5 7	5 8

Tafel XXI. Correction der Monddistanz, wegen der Seitenparallaxe des Mondes.

Winkel mit dem Verticalkreise.		Seitenparallaxe des Mondes.											
		1″	2″	3″	4″	5″	6″	7″	8″	9″	10″	11″	12″
0°	180°	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″	0″
10	170	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
20	160	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4
30	150	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
40	140	1	1	2	3	3	4	5	5	6	6	7	8
50	130	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9
60	120	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	10
70	110	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11
80	100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
90	90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Die in dieser Tafel als Correction enthaltenen Zahlen werden zur Distanz addirt oder davon abgezogen, und zwar nach Vorschrift des folgenden Täfelchens.

Breite nördlich.				Breite südlich.			
☾ in Osten.		☾ in Westen.		☾ in Osten.		☾ in Westen.	
✻ links.	✻ rechts.	✻ links.	✻ rechts.	✻ links.	✻ rechts.	✻ links.	✻ rechts.
+	−	−	+	−	+	+	−

Tafel XXII. Logarithmen zur Zeitbestimmung aus gleichen Höhen.

Zwischen-zeit.	Log. A.	Log. B.	Zwischen-zeit.	Log. A.	Log. B	Zwischen-zeit.	Log. A.	Log. B.	Zwischen-zeit.	Log. A.	Log. B.
2h 0m	7 7297	7 7146	3h 0m	7 7359	7 7015	4h 0m	7 7447	7 6823	5h 0m	7 7562	7 6556
2	7 7298	7 7143	2	7 7362	7 7010	2	7 7451	7 6815	2	7 7566	7 6546
4	7 7300	7 7139	4	7 7364	7 7005	4	7 7454	7 6807	4	7 7570	7 6536
6	7 7302	7 7136	6	7 7367	7 6999	6	7 7458	7 6800	6	7 7575	7 6525
8	7 7304	7 7132	8	7 7369	7 6993	8	7 7461	7 6792	8	7 7579	7 6514
10	7 7305	7 7128	10	7 7372	7 6988	10	7 7464	7 6784	10	7 7583	7 6504
12	7 7307	7 7125	12	7 7374	7 6982	12	7 7468	7 6776	12	7 7588	7 6493
14	7 7309	7 7121	14	7 7377	7 6976	14	7 7472	7 6768	14	7 7592	7 6482
16	7 7311	7 7117	16	7 7380	7 6970	16	7 7475	7 6759	16	7 7597	7 6471
18	7 7313	7 7113	18	7 7383	7 6964	18	7 7479	7 6751	18	7 7601	7 6460
2 20	7 7315	7 7109	3 20	7 7386	7 6958	4 20	7 7482	7 6743	5 20	7 7606	7 6448
22	7 7317	7 7105	22	7 7388	7 6952	22	7 7486	7 6734	22	7 7610	7 6437
24	7 7319	7 7101	24	7 7391	7 6946	24	7 7490	7 6726	24	7 7615	7 6425
26	7 7321	7 7097	26	7 7394	7 6940	26	7 7494	7 6717	26	7 7620	7 6414
28	7 7323	7 7092	28	7 7397	7 6934	28	7 7497	7 6708	28	7 7624	7 6402
30	7 7325	7 7088	30	7 7400	7 6927	30	7 7501	7 6700	30	7 7629	7 6390
32	7 7327	7 7083	32	7 7403	7 6921	32	7 7505	7 6691	32	7 7634	7 6378
34	7 7329	7 7079	34	7 7406	7 6914	34	7 7509	7 6682	34	7 7638	7 6366
36	7 7331	7 7075	36	7 7409	7 6908	36	7 7513	7 6673	36	7 7643	7 6354
38	7 7333	7 7070	38	7 7412	7 6901	38	7 7517	7 6663	38	7 7648	7 6342
2 40	7 7336	7 7065	3 40	7 7415	7 6894	4 40	7 7521	7 6654	5 40	7 7653	7 6329
42	7 7338	7 7061	42	7 7418	7 6888	42	7 7525	7 6645	42	7 7658	7 6317
44	7 7340	7 7056	44	7 7421	7 6881	44	7 7529	7 6635	44	7 7663	7 6304
46	7 7342	7 7051	46	7 7424	7 6874	46	7 7533	7 6626	46	7 7668	7 6291
48	7 7345	7 7046	48	7 7428	7 6867	48	7 7537	7 6616	48	7 7673	7 6278
50	7 7347	7 7041	50	7 7431	7 6859	50	7 7541	7 6606	50	7 7678	7 6265
52	7 7349	7 7036	52	7 7434	7 6852	52	7 7545	7 6597	52	7 7683	7 6252
54	7 7352	7 7031	54	7 7437	7 6845	54	7 7549	7 6587	54	7 7688	7 6239
56	7 7354	7 7026	56	7 7441	7 6838	56	7 7553	7 6577	56	7 7693	7 6225
58	7 7357	7 7021	58	7 7444	7 6830	58	7 7557	7 6567	58	7 7698	7 6212
3 0	7 7359	7 7015	4 0	7 7447	7 6823	5 0	7 7562	7 6556	6 0	7 7703	7 6198

Zwischenzeit.	Log. A.	Log. B.	Zwischenzeit.	Log. A.	Log. B.	Zwischenzeit.	Log. A	Log. B.	Zwischenzeit.	Log A.	Log. B.
6^h 0^m	7 7703	7 6198	7^h 0^m	7 7873	7 5717	8^h 0^m	7 8072	7 5062	9^h 0^m	7 8302	7 4131
2	7 7708	7 6184	2	7 7879	7 5699	2	7 8079	7 5036	2	7 8311	7 4093
4	7 7713	7 6170	4	7 7885	7 5680	4	7 8086	7 5010	4	7 8319	7 4055
6	7 7719	7 6156	6	7 7891	7 5661	6	7 8094	7 4983	6	7 8328	7 4016
8	7 7724	7 6142	8	7 7898	7 5641	8	7 8101	7 4957	8	7 8336	7 3977
10	7 7729	7 6127	10	7 7904	7 5622	10	7 8108	7 4930	10	7 8344	7 3937
12	7 7735	7 6113	12	7 7910	7 5602	12	7 8116	7 4902	12	7 8353	7 3896
14	7 7740	7 6098	14	7 7916	7 5582	14	7 8123	7 4874	14	7 8361	7 3855
16	7 7745	7 6083	16	7 7923	7 5562	16	7 8130	7 4846	16	7 8370	7 3813
18	7 7751	7 6068	18	7 7929	7 5542	18	7 8138	7 4818	18	7 8378	7 3771
6 20	7 7756	7 6053	7 20	7 7936	7 5522	8 20	7 8145	7 4789	9 20	7 8387	7 3728
22	7 7762	7 6038	22	7 7942	7 5501	22	7 8153	7 4760	22	7 8396	7 3684
24	7 7767	7 6023	24	7 7949	7 5480	24	7 8160	7 4731	24	7 8404	7 3639
26	7 7773	7 6007	26	7 7955	7 5459	26	7 8168	7 4701	26	7 8413	7 3594
28	7 7779	7 5991	28	7 7962	7 5437	28	7 8176	7 4671	28	7 8422	7 3548
30	7 7784	7 5975	30	7 7969	7 5416	30	7 8183	7 4640	30	7 8430	7 3501
32	7 7790	7 5959	32	7 7975	7 5394	32	7 8191	7 4609	32	7 8439	7 2454
34	7 7796	7 5943	34	7 7982	7 5372	34	7 8199	7 4578	34	7 8448	7 3406
36	7 7801	7 5927	36	7 7989	7 5350	36	7 8206	7 4546	36	7 8457	7 3357
38	7 7807	7 5910	38	7 7995	7 5327	38	7 8214	7 4514	38	7 8466	7 3307
6 40	7 7813	7 5894	7 40	7 8002	7 5304	8 40	7 8222	7 4482	9 40	7 8475	7 3256
42	7 7819	7 5877	42	7 8009	7 5281	42	7 8230	7 4449	42	7 8484	7 3205
44	7 7825	7 5860	44	7 8016	7 5258	44	7 8238	7 4415	44	7 8493	7 3152
46	7 7831	7 5843	46	7 8023	7 5234	46	7 8246	7 4381	46	7 8502	7 3099
48	7 7836	7 5825	48	7 8030	7 5211	48	7 8254	7 4347	48	7 8511	7 3045
50	7 7842	7 5808	50	7 8037	7 5186	50	7 8262	7 4312	50	7 8520	7 2989
52	7 7848	7 5790	52	7 8044	7 5162	52	7 8270	7 4277	52	7 8530	7 2933
54	7 7854	7 5772	54	7 8051	7 5137	54	7 8278	7 4241	54	7 8539	7 2876
56	7 7860	7 5754	56	7 8058	7 5112	56	7 8286	7 4205	56	7 8548	7 2817
58	7 7867	7 5736	58	7 8065	7 5087	58	7 8294	7 4168	58	7 8558	7 2758
7 0	7 7873	7 5717	8 0	8 8072	7 5062	9 0	7 8302	7 4131	10 0	7 8567	7 2697

Tafel XXIII. Verwandlung der Aequatorsbogen in Zeit.

G.	h.	m.	G.	h.	m.	G.	h.	m.	G.	h.	m.	G.	h.	m.	G.	h.	m.
M.	m.	s.	M.	m.	s.												
S.	s.	t.	S.	s.	t.												
1	0	4	31	2	4	61	4	4	91	6	4	121	8	4	151	10	4
2	0	8	32	2	8	62	4	8	92	6	8	122	8	8	152	10	8
3	0	12	33	2	12	63	4	12	93	6	12	123	8	12	153	10	12
4	0	16	34	2	16	64	4	16	94	6	16	124	8	16	154	10	16
5	0	20	35	2	20	65	4	20	95	6	20	125	8	20	155	10	20
6	0	24	36	2	24	66	4	24	96	6	24	126	8	24	156	10	24
7	0	28	37	2	28	67	4	28	97	6	28	127	8	28	157	10	28
8	0	32	38	2	32	68	4	32	98	6	32	128	8	32	158	10	32
9	0	36	39	2	36	69	4	36	99	6	36	129	8	36	159	10	36
10	0	40	40	2	40	70	4	40	100	6	40	130	8	40	160	10	40
11	0	44	41	2	44	71	4	44	101	6	44	131	8	44	161	10	44
12	0	48	42	2	48	72	4	48	102	6	48	132	8	48	162	10	48
13	0	52	43	2	52	73	4	52	103	6	52	133	8	52	163	10	52
14	0	56	44	2	56	74	4	56	104	6	56	134	8	56	164	10	56
15	1	0	45	3	0	75	5	0	105	7	0	135	9	0	165	11	0
16	1	4	46	3	4	76	5	4	106	7	4	136	9	4	166	11	4
17	1	8	47	3	8	77	5	8	107	7	8	137	9	8	167	11	8
18	1	12	48	3	12	78	5	12	108	7	12	138	9	12	168	11	12
19	1	16	49	3	16	79	5	16	109	7	16	139	9	16	169	11	16
20	1	20	50	3	20	80	5	20	110	7	20	140	9	20	170	11	20
21	1	24	51	3	24	81	5	24	111	7	24	141	9	24	171	11	24
22	1	28	52	3	28	82	5	28	112	7	28	142	9	28	172	11	28
23	1	32	53	3	32	83	5	32	113	7	32	143	9	32	173	11	32
24	1	36	54	3	36	84	5	36	114	7	36	144	9	36	174	11	36
25	1	40	55	3	40	85	5	40	115	7	40	145	9	40	175	11	40
26	1	44	56	3	44	86	5	44	116	7	44	146	9	44	176	11	44
27	1	48	57	3	48	87	5	48	117	7	48	147	9	48	177	11	48
28	1	52	58	3	42	88	5	52	118	7	52	148	9	52	178	11	52
29	1	56	59	3	56	89	5	56	119	7	56	149	9	56	179	11	56
30	2	0	60	4	0	90	6	0	120	8	0	150	10	0	180	12	0

Tafel XXIV. Verwandlung der Zeit in Bogen.

hor.	Gr.	m.	G.	M.	m.	G.	M.	m.	G.	M.	m.	G.	M.	m.	G.	M.
		s.	M.	S.	s.	M.	S.	s.	M.	S.	s.	M.	S.	s.	M.	S.
1	15	1	0	15	13	3	15	25	6	15	37	9	15	49	12	15
2	30	2	0	30	14	3	30	26	6	30	38	9	30	50	12	30
3	45	3	0	45	15	3	45	27	6	45	39	9	45	51	12	45
4	60	4	1	0	16	4	0	28	7	0	40	10	0	52	13	0
5	75	5	1	15	17	4	15	29	7	15	41	10	15	53	13	15
6	90	6	1	30	18	4	30	30	7	30	42	10	30	54	13	30
7	105	7	1	45	19	4	45	31	7	45	43	10	45	55	13	45
8	120	8	2	0	20	5	0	32	8	0	44	11	0	56	14	0
9	135	9	2	15	21	5	15	33	8	15	45	11	15	57	14	15
10	150	10	2	30	22	5	30	34	8	30	46	11	30	58	14	30
11	165	11	2	45	23	5	45	35	8	45	47	11	45	59	14	45
12	180	12	3	0	24	6	0	36	9	0	48	12	0	60	15	0

Sternzeit und mittlere Zeit.

Tafel XXV. Verzögerung der mittleren Zeit gegen Sternzeit.

Stunden.		Minuten.				Secunden.			
1	0m 9s 830	1	0s 164	31	5s 079	1	0s 003	31	0s 085
2	0 19 659	2	0 328	32	5 242	2	0 005	32	0 087
3	0 29 489	3	0 491	33	5 406	3	0 008	33	0 090
4	0 39 318	4	0 655	34	5 570	4	0 011	34	0 093
5	0 49 148	5	0 819	35	5 734	5	0 014	35	0 096
6	0 58 977	6	0 983	36	5 898	6	0 016	36	0 098
7	1 8 807	7	1 147	37	6 062	7	0 019	37	0 101
8	1 18 636	8	1 311	38	6 225	8	0 022	38	0 104
9	1 28 466	9	1 474	39	3 389	9	0 025	39	0 106
10	1 38 296	10	1 638	40	6 553	10	0 027	40	0 109
11	1 48 125	11	1 802	41	6 717	11	0 030	41	0 112
12	1 57 955	12	1 966	42	6 881	12	0 033	42	0 115
13	2 7 784	13	2 130	43	7 044	13	0 036	43	0 118
14	2 17 614	14	2 294	44	7 208	14	0 038	44	0 120
15	2 27 443	15	2 457	45	7 372	15	0 041	45	0 123
16	2 37 273	16	2 621	46	7 536	16	0 044	46	0 126
17	2 47 103	17	2 785	47	7 700	17	0 047	47	0 128
18	2 56 932	18	2 949	48	7 864	18	0 049	48	0 131
19	3 6 762	19	3 113	49	8 027	19	0 052	49	0 134
20	3 16 591	20	3 277	50	8 191	20	0 055	50	0 137
21	3 26 421	21	3 440	51	8 355	21	0 057	51	0 140
22	3 36 250	22	3 604	52	8 519	22	0 060	52	0 142
23	3 46 080	23	3 768	53	8 683	23	0 063	53	0 145
24	3 55 909	24	3 932	54	8 847	24	0 066	54	0 148
		25	4 096	55	9 010	25	0 068	55	0 150
		26	4 259	56	9 174	26	0 071	56	0 153
		27	4 423	57	9 338	27	0 074	57	0 156
		28	4 587	58	9 502	28	0 076	58	0 159
		29	4 751	59	9 666	29	0 079	59	0 161
		30	4 915	60	9 830	30	0 082	60	0 164

Tafel XXVI. Beschleunigung der Sternzeit gegen mittlere Zeit.

Stunden.		Minuten.				Secunden.			
1	0m 9s 856	1	0s 164	31	5s 092	1	0s 003	31	0s 085
2	0 19 713	2	0 329	32	5 257	2	0 005	32	0 087
3	0 29 569	3	0 493	33	5 421	3	0 008	33	0 090
4	0 39 426	4	0 657	34	5 585	4	0 011	34	0 093
5	0 49 282	5	0 821	35	5 750	5	0 014	35	0 096
6	0 59 139	6	0 986	36	5 914	6	0 016	36	0 098
7	1 8 995	7	1 150	37	6 078	7	0 019	37	0 101
8	1 18 852	8	1 314	38	6 242	8	0 022	38	0 104
9	1 28 708	9	1 478	39	6 407	9	0 025	39	0 106
10	1 38 565	10	1 643	40	6 571	10	0 027	40	0 109
11	1 48 421	11	1 807	41	6 735	11	0 030	41	0 112
12	1 58 278	12	1 971	42	6 900	12	0 033	42	0 115
13	2 8 134	13	2 136	43	7 064	13	0 036	43	0 118
14	2 17 991	14	2 300	44	7 228	14	0 038	44	0 120
15	2 27 847	15	2 464	45	7 392	15	0 041	45	0 123
16	2 37 704	16	2 628	46	7 557	16	0 044	46	0 126
17	2 47 560	17	2 793	47	7 721	17	0 047	47	0 128
18	2 57 416	18	2 957	48	7 885	18	0 049	48	0 131
19	3 7 273	19	3 121	49	8 050	19	0 052	49	0 134
20	3 17 129	20	3 285	50	8 214	20	0 055	50	0 137
21	3 26 986	21	3 450	51	8 378	21	0 057	51	0 140
22	3 36 842	22	3 614	52	8 542	22	0 060	52	0 142
23	3 46 699	23	3 778	53	8 707	23	0 063	53	0 145
24	3 56 555	24	3 943	54	8 871	24	0 066	54	0 148
		25	4 107	55	9 035	25	0 068	55	0 150
		26	4 271	56	9 199	26	0 071	56	0 153
		27	4 436	57	9 364	27	0 074	57	0 156
		28	4 600	58	9 528	28	0 076	58	0 159
		29	4 764	59	9 692	29	0 079	59	0 161
		30	4 928	60	9 856	30	0 082	60	0 164

Tafel XXVII. Aus der wahren Zeit des wahren Auf- und Unterganges eines Gestirns die Zeit des scheinbaren Auf- und Unterganges zu finden.

Breite.	Declination.											
	0°	6°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	21°	22°	23°	24°
0°	2m 12s	2m 13s	2m 14s	2m 15s	2m 16s	2m 17s	2m 19s	2m 21s	2m 22s	2m 23s	2m 24s	2m 25s
10	2 15	2 16	2 18	2 19	2 20	2 21	2 24	2 25	2 27	2 28	2 29	2 30
20	2 23	2 25	2 27	2 28	2 29	2 30	2 33	2 35	2 37	2 38	2 39	2 40
30	2 33	2 35	2 37	2 38	2 39	2 41	2 43	2 45	2 47	2 49	2 50	2 52
32	2 36	2 37	2 39	2 40	2 41	2 44	2 47	2 50	2 51	2 53	2 54	2 57
34	2 40	2 41	2 42	2 43	2 45	2 49	2 51	2 54	2 56	2 58	3 0	3 3
36	2 43	2 45	2 46	2 48	2 49	2 53	2 57	3 0	3 2	3 4	3 6	3 9
38	2 47	2 49	2 51	2 53	2 54	2 58	3 3	3 6	3 8	3 10	3 13	3 17
40	2 51	2 54	2 57	2 58	3 0	3 4	3 9	3 12	3 15	3 17	3 21	3 25
42	2 57	3 0	3 3	3 4	3 7	3 11	3 15	3 20	3 23	3 26	3 29	3 33
44	3 3	3 6	3 10	3 12	3 15	3 19	3 23	3 28	3 31	3 35	3 39	3 43
46	3 10	3 13	3 17	3 20	3 23	3 28	3 33	3 38	3 42	3 47	3 51	3 55
48	3 17	3 21	3 25	3 28	3 31	3 38	3 44	3 50	3 55	4 0	4 4	4 10
50	3 25	3 30	3 34	3 37	3 41	3 49	3 55	4 4	4 8	4 14	4 20	4 27
51	3 30	3 35	3 40	3 43	3 48	3 54	4 1	4 11	4 16	4 22	4 29	4 37
52	3 35	3 40	3 45	3 49	3 53	4 0	4 8	4 19	4 25	4 32	4 39	4 48
53	3 40	3 46	3 51	3 54	3 59	4 7	4 15	4 28	4 35	4 42	4 50	4 0
54	3 45	3 51	3 56	4 0	4 6	4 15	4 25	4 38	4 45	4 54	5 3	5 14
55	3 51	3 57	4 3	4 7	4 14	4 24	4 35	4 49	4 57	5 6	5 17	5 29
56	3 56	4 3	4 10	4 15	4 23	4 33	4 45	5 00	5 10	5 21	5 34	5 48
57	4 2	4 10	4 18	4 23	4 32	4 43	4 57	5 14	5 25	5 37	5 52	6 9
58	4 9	4 18	4 26	4 31	4 42	4 54	5 8	5 29	5 42	5 57	6 13	6 35
59	4 16	4 26	4 34	4 41	4 53	5 5	5 23	5 46	6 1	6 18	6 39	7 6
60	4 24	4 34	4 42	4 52	5 3	5 18	5 39	6 5	6 23	6 45	7 10	7 44

Für die Aufgangszeit —.
Für die Untergangszeit +.

Tafel XXVIII. Aus der wahren Morgen- und Abendweite die scheinbare Morgen- und Abendweite zu finden.

Breite.	Declination.											
	0°	6°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	21°	22°	23°	24°
0	0° 0′	0° 0′	0° 0′	0° 0′	0° 0′	0° 0′	0° 0′	0° 0′	0° 0′	0° 0′	0° 0′	0° 0′
5	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3
10	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6
15	0 9	0 9	0 9	0 9	0 9	0 9	0 9	0 9	0 9	0 9	0 9	0 9
20	0 12	0 12	0 12	0 12	0 12	0 12	0 12	0 13	0 13	0 13	0 13	0 13
25	0 15	0 15	0 15	0 15	0 16	0 16	0 16	0 16	0 16	0 16	0 17	0 17
30	0 19	0 19	0 19	0 19	0 19	0 20	0 20	0 20	0 20	0 21	0 21	0 21
33	0 21	0 21	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	0 23	0 23	0 23	0 23	0 24
36	0 24	0 24	0 24	0 24	0 24	0 25	0 25	0 26	0 26	0 26	0 26	0 27
39	0 26	0 26	0 27	0 27	0 27	0 28	0 28	0 29	0 29	0 30	0 30	0 30
42	0 29	0 29	0 30	0 30	0 31	0 31	0 32	0 33	0 33	0 34	0 34	0 34
45	0 32	0 32	0 33	0 34	0 34	0 35	0 36	0 37	0 37	0 38	0 38	0 39
48	0 35	0 36	0 37	0 37	0 38	0 39	0 40	0 41	0 42	0 43	0 44	0 45
50	0 38	0 39	0 40	0 41	0 41	0 42	0 43	0 45	0 46	0 47	0 48	0 49
51	0 39	0 40	0 41	0 42	0 43	0 44	0 46	0 48	0 49	0 50	0 51	0 52
52	0 41	0 42	0 43	0 44	0 45	0 46	0 48	0 50	0 51	0 52	0 53	0 54
53	0 43	0 43	0 44	0 45	0 46	0 48	0 49	0 51	0 52	0 54	0 55	0 57
54	0 44	0 45	0 46	0 47	0 48	0 50	0 52	0 54	0 56	0 57	0 59	1 1
55	0 46	0 47	0 48	0 49	0 51	0 53	0 55	0 57	0 59	1 1	1 2	1 5
56	0 48	0 49	0 50	0 51	0 53	0 55	0 57	1 0	1 2	1 4	1 6	1 9
57	0 50	0 51	0 52	0 53	0 55	0 57	1 0	1 4	1 6	1 8	1 11	1 14
58	0 52	0 53	0 54	0 56	0 58	1 0	1 3	1 7	1 10	1 13	1 16	1 20
59	0 54	0 55	0 56	0 58	1 0	1 3	1 7	1 12	1 15	1 18	1 22	1 27
60	0 57	0 57	0 59	1 1	1 3	1 7	1 11	1 17	1 20	1 24	1 29	1 35

Breite und Abweichung gleichnamig +
Breite und Abweichung ungleichnamig —

Tafel XXIX. Winkel der Striche und Viertelstriche des Compasses mit dem Meridian.

Compassstriche und Windrichtung.		Winkel mit dem Meridian.			Compassstriche und Windrichtung.	
Nord	Nord	0°	0′	0″	Süd	Süd
N ¼ O	N ¼ W	2	48	45	S ¼ O	S ¼ W
„ ½ O	„ ½ W	5	37	30	„ ½ O	„ ½ W
„ ¾ O	„ ¾ W	8	26	15	„ ¾ O	„ ¾ W
N z O	N z W	11	15	0	S z O	S z W
N z O ¼ O	N z W ¼ W	14	3	45	S z O ¼ O	S z W ¼ W
„ ½ O	„ ½ W	16	52	30	„ ½ O	„ ½ W
„ ¾ O	„ ¾ W	19	41	15	„ ¾ O	„ ¾ W
N N O	N N W	22	30	0	S S O	S S W
N N O ¼ O	N N W ¼ W	25	18	45	S S O ¼ O	S S W ¼ W
„ ½ O	„ ½ W	28	7	30	„ ½ O	„ ½ W
„ ¾ O	„ ¾ W	30	56	15	„ ¾ O	„ ¾ W
N O z N	N W z N	33	45	0	S O z S	S W z S
N O z N ¼ O	N W z N ¼ W	36	33	45	S O z S ¼ O	S W z S ¼ W
„ ½ O	„ ½ W	39	22	30	„ ½ O	„ ½ W
„ ¾ O	„ ¾ W	42	11	15	„ ¾ O	„ ¾ W
N O	N W	45	0	0	S O	S W
N O ¼ O	N W ¼ W	47	48	45	S O ¼ O	S W ¼ W
„ ½ O	„ ½ W	50	37	30	„ ½ O	„ ½ W
„ ¾ O	„ ¾ W	53	26	15	„ ¾ O	„ ¾ W
N O z O	N W z W	56	15	0	S O z O	S W z W
N O z O ¼ O	N W z W ¼ W	59	3	45	S O z O ¼ O	S W z W ¼ W
„ ½ O	„ ½ W	61	52	30	„ ½ O	„ ½ W
„ ¾ O	„ ¾ W	64	41	15	„ ¾ O	„ ¾ W
O N O	W N W	67	30	0	O S O	W S W
O N O ¼ O	W N W ¼ W	70	18	45	O S O ¼ O	W S W ¼ W
„ ½ O	„ ½ W	73	7	30	„ ½ O	„ ½ W
„ ¾ O	„ ¾ W	75	56	15	„ ¾ O	„ ¾ W
O z N	W z N	78	45	0	O z S	W z S
O z N ¼ O	W z N ¼ W	81	33	45	O z S ¼ O	W z S ¼ W
„ ½ O	„ ½ W	84	22	30	„ ½ O	„ ½ W
„ ¾ O	„ ¾ W	87	11	15	„ ¾ O	„ ¾ W
Ost	West	90	0	0	Ost	West

Alphabetisches Verzeichniss

der

im Buche vorkommenden Kunstwörter.

A.

Abendweite 19.
Aberration der Magnetnadel 289.
Abscissen 18.
Abweichung 22. 222.
Abweichung der Magnetnadel 261. 281.
Aequator — Erdäquator — Himmelsäquator 21.
— dynamischer 321.
— magnetischer 315.
Aequatorhöhe 30.
Aequatorialebene 21.
Aequatorial-Horizontalparallaxe 159.
Aequinoctialkreis 21.
Aequinoctialpunkt 22.
Almucantharat 18.
Amplitude 19.
Arretirung der Magnetnadel 266.
Ascensio obliqua 31.
Ascensio recta 22.
Ascensionaldifferenz 31. 181.
Atmosphärische Strahlenbrechung 154.
Aufgang der Gestirne 48. 183. 185. 188.
Aufgangspunkt 30.
Auftrage-Instrument 274.
Aussenmittagsbreite 66.
Axendrehung der Erde, Rotation 77.
Azimuth 18. 52. 191. 204.
— magnetisches 282.
Azimuthal-Compass 275.

B.

Borda's Methode 67.
Boussole 263. 264.
— mit Dioptern 266.
Boussole mit Fernrohr 267.
Box' Chronometer 99.
Breite, geographische 22.
— der Gestirne, astronomische 36.
— höhere, mittlere, niedrige 23.
Breitenlinien 176.
Breitenunterschied 222.

C.

Chronometer 98. 101.
Colatitude 30.
Colur s. Kolur.
Collimationsfehler s. Indexfehler.
Cometen 4.
Compass 263. 264.
Compass-Dose 275.
Compass-Mörser 275.
Compass-Nadel, Eigenschaften derselben 277.
Culminationshöhe 179.
Culminationspunkt 179.
Curs 222.

D.

Declination der Gestirne 22.
Declinationskarten 312.
Diclinationskreis 21.
Declination der Magnetnadel 261.
Declinatorium 263.
Distanz 222.
Dosenchronometer 99.
Dosenlibelle 6.
Douwes'sche Methode 69.
Drücker 292.
Dunthorn's Methode 66.
Dynamischer Aequator 321.

E.

Ekliptik 32.
Erdäquator 21.
Excentricität 119.

F.

Feldmesser-Compass 265.
Fixsterne 3.
Frühlingspunkt 22. 36.
Fusspunkt 7.

G.

Gauss' Magnetometer 297.
Geographische Breite 22.
Geographische Länge 22.
Geocentrische Breite 159.
Geocentrisches Zenith 159.
Gerade Aufsteigung 22.
Gleicher 21.
Gnomen 8.
Grade der Breite 22.

H.

Hadley's Quadrant 105.
Halbkugel des Himmels, sichtbare, unsichtbare 6.
Halleyan lines 312.
Halbmesser 163.
Harrison's Compensations-Rostpendel 97.
— Seeuhr 100.
Himmelsäquator 21.
Himmelsaxe 21.
Horizont, natürlicher, sichtbarer, scheinbarer, wahrer 5. 24. 25.
— Eintheilung 9. 10.
— künstlicher 5. 136.
Höhe der Gestirne 18. 55. 195.
Höhenkreis 18.
Huygen's Pendeluhr 95.

I.

Jahr 78.
Inclinationsboussole 305.
Inclinatorium 305.
Indexfehler 129. 148.
Intensität der magnetischen Kraft 307.
Intensität, absolute, relative 321.
Irdische Strahlenbrechung 157.
Isodynamische Linien 318.
Isoklinische Linien 314.

K.

Kimme 5.
Kimmtiefe 148.
Kolur der Tag- und Nachtgleiche 34.
— der Sonnenwenden, Solstitien, Aequinoctien 34.
Kraft's Methode 68.
Künstlicher Horizont 136.

L.

Lamont's Reisetheodolit 300.
Länge, geographische 22. 24.
— der Gestirne 36.
— des Secundenpendels 96.
Längenbestimmung durch Chronometer 331.
— durch Monddistanzen 383.
Längenunterschied 24.
Libelle 6.
Limbustheilung der Compasse 12.
Linien gleicher magnetischer Abweichung 312.
— gleicher Neigung 314.
— isodynamische 318.
— ohne Abweichung 312.
Local-Attraction 289.
Loth 6.

M.

Magnetischer Aequator 315.
Magnetisches Azimuth 282.
Magnetische Constanten 309.
Magnetische Declination 261.
Magnetischer Meridian 261. 314.
Magnetnadel 261. 263.

Magnetischer Nord- und Südpol der Nadel 261.
Magnetische Pole der Erde 315.
Magnetometer 297.
Magnetischer Reisetheodolit 300.
Markscheider-Compass 272.
Martin's neues Reflexions-Instrument 137.
Mendoza y Rios' Methode 69.
Meridian 8.
— erster 23.
Mittagslinie 8.
Mittagsverbesserung für correspondirende Höhen 61.
Mire 299.
Monddistanz, Berechnung 67.
Morgenamplitude 19.
Morgenweite 19.
Multiplication der Winkel 273.

N.

Nadir 8.
Nautisches Dreieck 45.
Nonius 114.
Nordpol 21.

O.

Octant 104.
Ordinaten 18.

P.

Parallactischer Winkel 31.
Parallaxe 28. 158.
— des Sextanten 124.
Parallelkreis 21.
Pendel, einfaches und zusammengesetztes 96. 97.
Pendeluhr 95.
Pistor's neues Reflexions-Instrument 137.
Planeten 3.
Polarcoordinaten 44.
Polarität, magnetische 261.
Pole der Ekliptik 34.
— magnetische 315.
Poldistanz 22.
Polhöhe 30.
Projectionsnetz 173.

Q.

Quadrant, Hadley's 105.
Quecksilberpendel 97.

R.

Rectascension 22. 80.
Reflexionsinstrument 137.
Refraction 152.
Repetition der Winkel 273.
Revolution der Erde 78.
Rostpendel 97.
Rotation der Erde 78.
Röhrenlibelle 6.

S.

Scheinbare Höhe 147.
Scheinbarer Durchmesser 164.
Scheitelpunkt 7.
Schiefe der Ekliptik 36.
Schräge Aufsteigung 31.
Sechsuhrkreis 34.
Sechsuhrpunkt 195.
Seeuhr 98.
Setzwage 6.
Sextant 11. 104.
Solstitium 33.
Sonnenstillstand 33.
Sonnentag 85.
Sonnenzeit 82. 85.
Spiegelsextant 104. 111.
Sternbilder 3.
Sterntag 78.
Sternzeit 78. 80. 84. 85.
Stopper 292.
Stundenwinkel 45. 49. 80.
Südpol 21.

T.

Tag 78.
Tagbogen 21.
Tagkreis 21.
Tangentenmaassstab 176.
Taschenchronometer 98.
Terrestrische Refraction 158.
Theodolit 14. 16. 327.
Thierkreis 31.
Timekeeper 100.

U.

Uhren 95.
Umkehren der Compassnadel 281.
Ungewitter, magnetisches 329.
Untergang der Gestirne 48. 183.

V.

Variation der Magnetnadel 296. 325.
Variation, seculare und tägliche 225.
Variationskarten 312.
Vernier 114.
Vertical 7.
— erster 18.
Verticalebene 17.
Verticalkreis 17.

W.

Wahre Zeit 82.
Wahrer Durchmesser 164.
Weltaxe 21.
Winter-Solstitium 33.
Wendekreise 33. 34.

Z.

Zeichen des Thierkreises 31.
Zeit, wahre, mittlere 82. 84.
Zeitmaassstab 177.
Zenith 7.
Zenithdistanz 18. 29.
Zulege-Instrument 274.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Prestel, Michael August Friedrich,

Das astronomische Diagramm, ein Instrument, mittelst dessen der Stand und Gang einer Uhr, das Azimuth terrestrischer Gegenstände, die Mittagslinie, die Abweichung der Magnetnadel, der Auf- und Untergang der Gestirne bestimmt und andere Aufgaben der astronomischen Geographie und nautischen Astronomie schnell, sicher und bequem ohne Rechnung gelöst werden können fü r Seefahrer, reisende Geographen, Ingeneure, Feldmesser, Uhrmacher, sowie

Braunschweig 1859

Astr.p. 119 e
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10060640-0